

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**

**Control de movimiento de una embobinadora aplicada  
a la industria textil**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**

**P R E S E N T A N:**

**GALLEGOS MONTOYA JAIME SAMUEL  
JACAL NOGUEDA YAIR**

**ASESORES**

**M. C. PEDRO FRANCISCO HUERTA GONZÁLEZ  
M. C. IVONE CECILIA TORRES RODRÍGUEZ**



México, D. F.

Junio de 2010

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

**TEMA DE TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN  
DEBERA(N) DESARROLLAR**

**INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACION  
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL  
C. JAIME SAMUEL GALLEGOS MONTOYA  
C. YAIR JACAL NOGUEDA**

**“CONTROL DE MOVIMIENTO DE UNA EMBOBINADORA APLICADA A LA  
INDUSTRIA TEXTIL”**

**SE CONTROLA EL EMBOBINADO DE UN CARRETE CON VARIADORES DE VELOCIDAD Y DOS  
MOTORES, ESTO CONTROLADO POR UN PLC PARA DISMINUIR LA RUPTURA DEL HILO Y ACORTAR  
PÉRDIDAS DE TIEMPO.**

- ❖ **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**
- ❖ **DISEÑO DE LA EMBOBINADORA.**
- ❖ **COSTOS.**
- ❖ **RECOMENDACIONES A TRABAJOS FUTUROS.**

**MÉXICO D. F., A 11 DE MAYO DE 2011.**

**ASESORES**

  
**M. EN C. IVONE CECILIA TORRES RODRÍGUEZ**

  
**M. EN C. PEDRO FRANCISCO HUERTA GONZÁLEZ**

  
**DR. JUAN JOSÉ MUNOZ CÉSAR**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE  
INGENIERÍA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>6</b>
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
JUSTIFICACION	7
ANTECEDENTES	7
INTRODUCCION AL TRABAJO	
APORTACIONES DEL TRABAJO	13
CONTENIDO DEL TRABAJO	13
<b>CAPÍTULO 1. DESCRIPCION DEL PROCESO</b>	<b>14</b>
1.1 CONCEPTO DEL CONTROL DE MOVIMIENTO	15
1.1.1 ELEMENTOS DEL CONTROL DE MOVIMIENTO	15
1.1.2 ARQUITECTURAS INTEGRADAS DEL CONTROL DE MOVIMIENTO	18
1.2 DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO A CONTROLAR	19
1.3 FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA EMBOBINADORA	19
1.4 TAREAS DE CONTROL A PROGRAMAR EN EL PLC	20
1.4.1 VIZUALIZADOR DE TEXTO TD200	20
1.4.2 DESCRIPCION DEL PROCESO	21
1.4.3 LINEALIZACION	21
<b>CAPÍTULO 2. DISEÑO DE LA EMBOBINADORA</b>	<b>23</b>
2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO UTILIZADO	24
2.1.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	24
2.1.2 VARIADOR DE VELOCIDAD	25
2.1.3 ENCODER	26
2.2 INTERFACE HOMBRE MAQUINA(HMI)	27
2.3 DISEÑO DEL SISTEMA MECANICO	28
2.3.1 SOPORTE DE CARRETE	28
2.3.2 BIELA MANIVELA	30
2.4 DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO EN EL TABLERO	31

2.4.1 DISTRIBUCIÓN DEL PLC	32
2.4.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD	34
2.5 DIAGRAMAS DE POTENCIA PARA LOS EQUIPOS	38
2.5.1 DIAGRAMA DE POTENCIA DEL PLC	38
2.5.2 DIAGRAMA DE POTENCIA DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD	39
2.5.3 DIAGRAMA DE POTENCIA DE LOS ENCODERS	41
2.6 DIAGRAMAS DE CONTROL PARA LOS EQUIPOS	43
2.6.1 DIAGRAMA DE CONTROL DE LOS VARIADORES	43
2.6.2 DIAGRAMA DE CONTROL DE LOS ENCODERS	48
2.7 DIAGRAMA DE FLUJO	49
<b>CAPÍTULO 3. ANALISIS ECONOMICO</b>	<b>51</b>
3.1 COSTO DEL DISEÑO	52
3.2 COSTO DEL EQUIPO	52
<b>CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES A TRABAJOS FUTUROS</b>	<b>54</b>
4.1 CONCLUSIONES	55
4.2 RECOMENDACIONES	55
<b>GLOSARIO</b>	<b>57</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 (a) Esquema físico de la embotelladora	8
Figura 1.1 (b) Control de movimiento de la embotelladora	8
<i>Figura 1.2 (a) Esquema físico de la etiquetadora</i>	9
Figura 1.2 (b) Control de movimiento de la etiquetadora	9
Figura 1.3 (a) Esquema físico del empaquetamiento horizontal	10
Figura 1.3 (b).Control de movimiento del empaquetamiento horizontal	10
Figura 1.4 (a) Esquema físico de la encajadora	11
Figura 1.4 (b) Control de movimiento de la encajadora	11
Figura 1.5 (a) Esquema físico del paletizador	12
Figura 1.5 (b) Control de movimiento del paletizador	12
Figura 1.6. Diagrama por etapas del proceso a controlar	19
Figura 2.1. Partes fundamentales de un PLC	25
Figura 2.2. Estructura general de un variador de velocidad	26
Figura 2.3. Estructura interna de un encoder	27
Figura 2.4 Vista superior del soporte	28
Figura 2.5 Vista lateral del soporte	29
Figura 2.6 Vista trasera del soporte	29
Figura 2.7 Vista frontal del soporte	29
Figura 2.8 Partes de una biela manivela	30
Figura 2.9 Medidas de la manivela y barra de union	31
Figura 2.10 Medida de la guia	31
Figura2.11 Controlador Lógico Programable (PLC)	32
Figura 2.12 Distribución del PLC Siemens S7-200 en el tablero	33
Figura 2.13 Variador de velocidad	35
Figura 2.14 Distribución del variador de velocidad Mitsubishi en el tablero	36
Figura 2.15 Distribución del variador de velocidad Moeller en el tablero	37
Figura 2.16 Diagrama de potencia del PLC Siemens S7-200	38
Figura 2.17 Diagrama de potencia del variador de velocidad Mitsubishi al PLC	40
Figura 2.18 Diagrama de potencia del variador de velocidad Moler al PLC	41
Figura 2.19 Diagrama de Potencia para los Encoder No 1 y 2	42
Figura 2.20 Diagrama de control del variador de velocidad Mitsubishi al PLC	45
Figura 2.21 Diagrama de control del variador de velocidad Moler al PLC	47
Figura 2.22 Diagrama de control del Encoder No 1 al PLC	48
Figura 2.23 Diagrama de control del Encoder No 2 al PLC	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Descripción de las terminales de poder del S7 200	38
Tabla 2.2 Descripción de las terminales de poder Mitsubishi	39
Tabla 2.3 Descripción de las terminales de poder Moeller	40
Tabla 2.4 Descripción de las terminales de poder de los encoders	42
Tabla 2.5 Descripción de las terminales de control Mitsubishi	43
Tabla 2.6 Descripción de las terminales de control Moeller	45
Tabla 2.7 Descripción de las terminales de control de los encoders	48
Tabla 3.1 Costo del equipo de control	52
Tabla 3.2 Costo otros	53

# INTRODUCCIÓN

En este capítulo se mencionara los objetivos y justificaciones de la realización de la embobinadora así también como las aportaciones y contenido del trabajo.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Se controlara el embobinado de un carrete con variadores de velocidad y dos motores, esto controlado por un Controlador Lógico Programable (PLC) para disminuir la ruptura del hilo y acortar pérdidas de tiempo.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Seleccionar los sensores y actuadores para el embobinado del carrete.
- Seleccionar el PLC de acuerdo con el número y tipo de entradas y salidas.
- Realizar los circuitos de montaje y eléctricos del embobinado.
- Diseñar e implementar una interfaz hombre maquina (HMI).

## **JUSTIFICACION.**

En la industria textil se requiere disminuir la ruptura del hilo al embobinarlo y acortar tiempos, ya que cuando aumenta el volumen del carrete al estar embobinando el hilo se tensa y se rompe continuamente lo cual provoca que haya pérdida de tiempo.

## **ANTECEDENTES**

### **APLICACIONES INDUSTRIALES**

En las siguientes figuras, se muestran algunas aplicaciones típicas del control de movimiento, las cuales fueron tomadas del fabricante Mitsubishi [7]. El objetivo de mostrar estas aplicaciones, son para dar a entender al alumno de la carrera de Ingeniería en Control y Automatización, la potencialidad que tiene el estudio del Control de Movimiento y la importancia que tiene en los procesos industriales.



En la figura 1.1 (a) se muestra una **embotelladora**, y en la figura 1.1 (b) el esquema de control de movimiento.

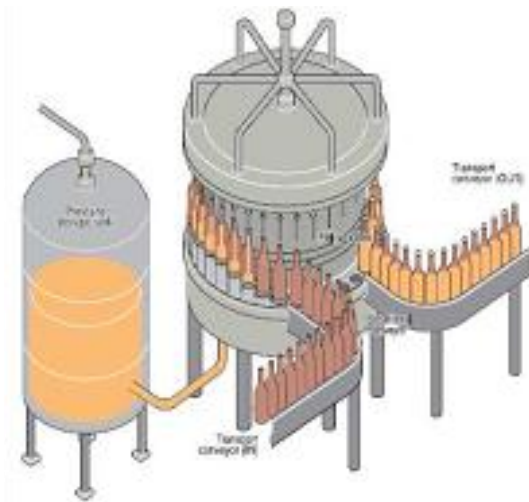


Figura 1.1 (a) Esquema físico de la embotelladora.

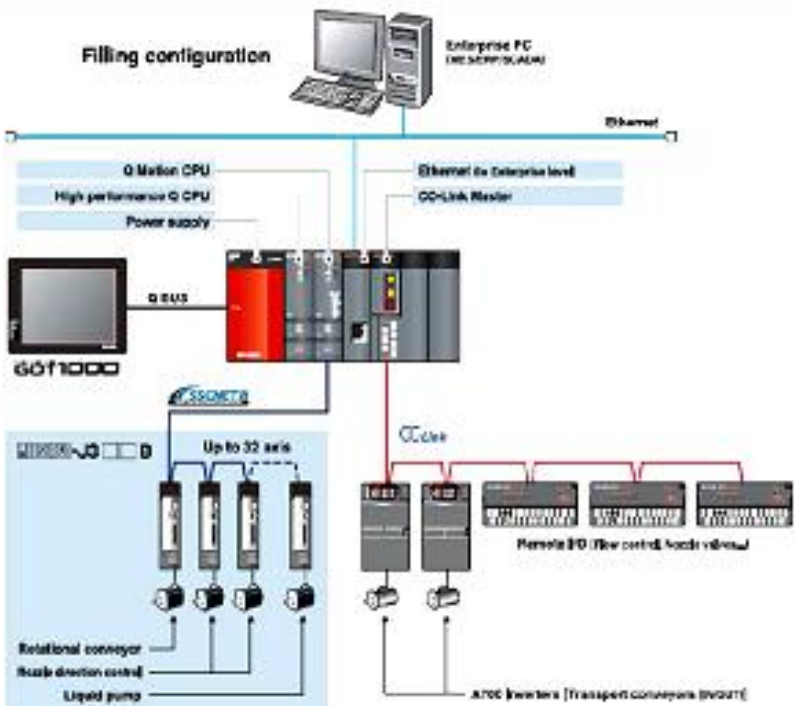


Figura 1.1 (b) Control de movimiento de la embotelladora.

En la figura 1.2 (a) se muestra una **etiquetadora**, y en la figura 1.2 (b) el esquema de control de movimiento.

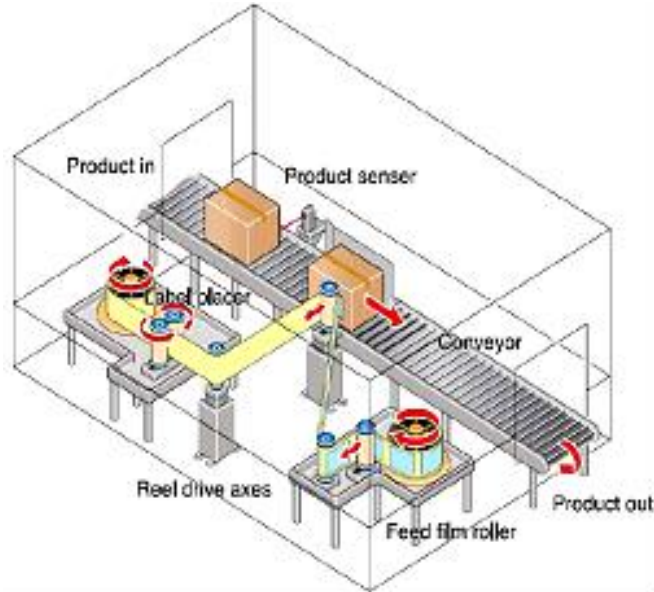


Figura 1.2 (a) Esquema físico de la etiquetadora.

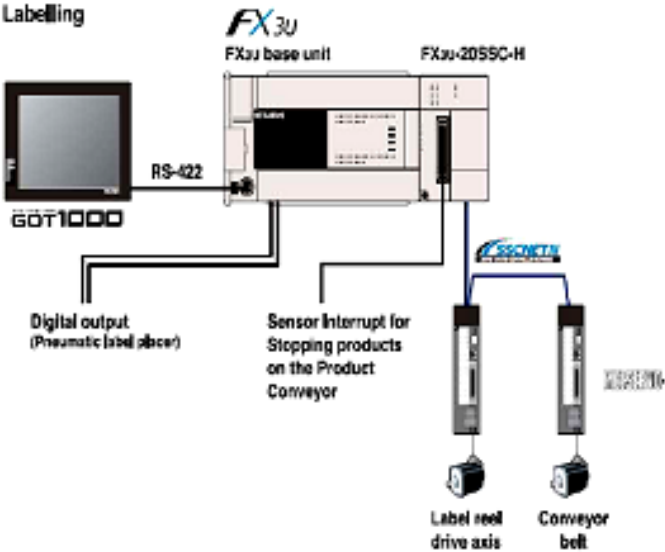


Figura 1.2 (b) Control de movimiento de la etiquetadora.

En la figura 1.3 (a) se muestra un **proceso de empaquetamiento horizontal**, y en la figura 1.3 (b) el esquema de control de movimiento.

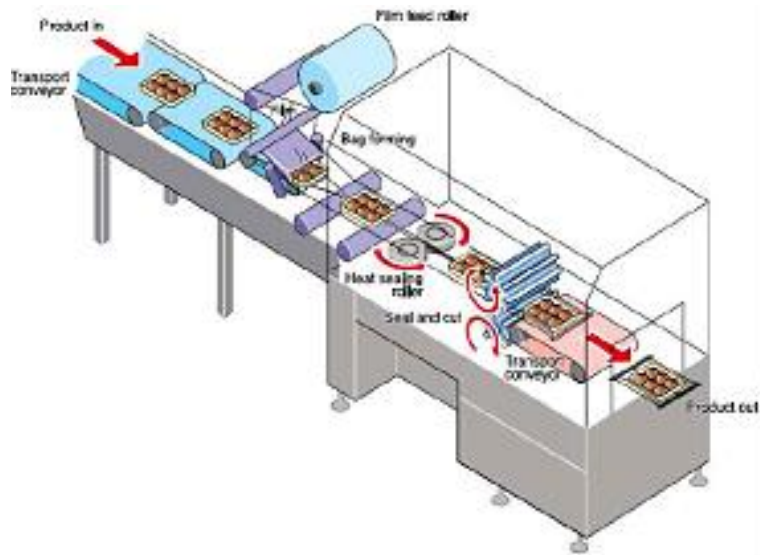


Figura 1.3 (a) Esquema físico del empaquetamiento horizontal.

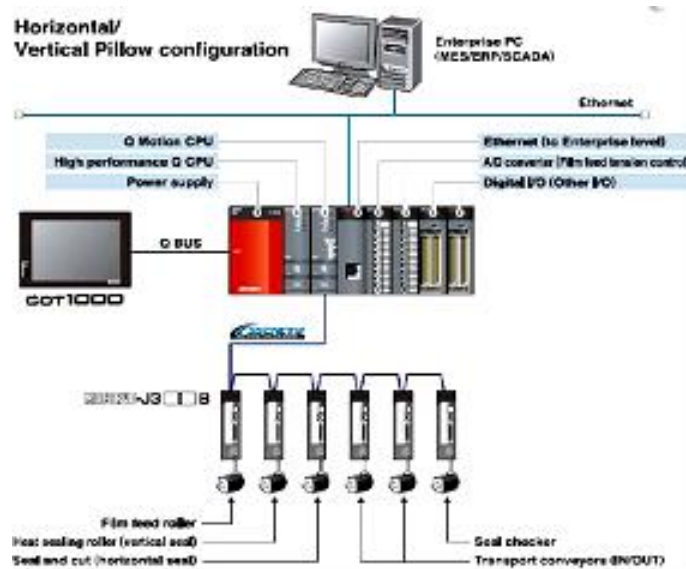


Figura 1.3 (b).Control de movimiento del empaquetamiento horizontal.

En la figura 1.4 (a) se muestra una **encajadora**, y en la figura 1.4 (b) el esquema de control de movimiento.

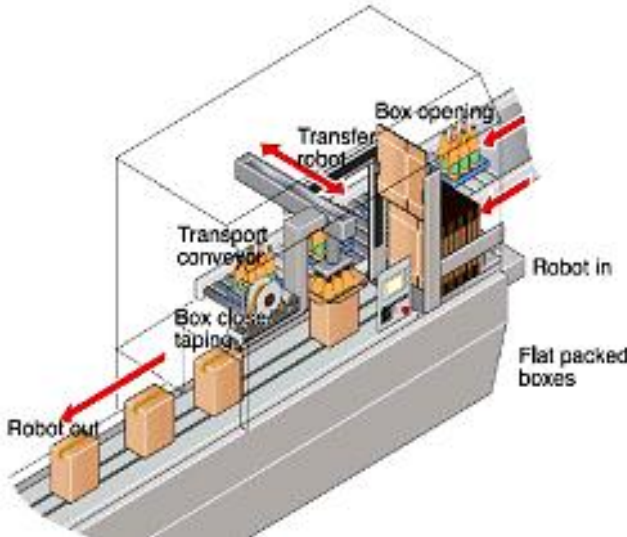


Figura 1.4 (a) Esquema físico de la encajadora.

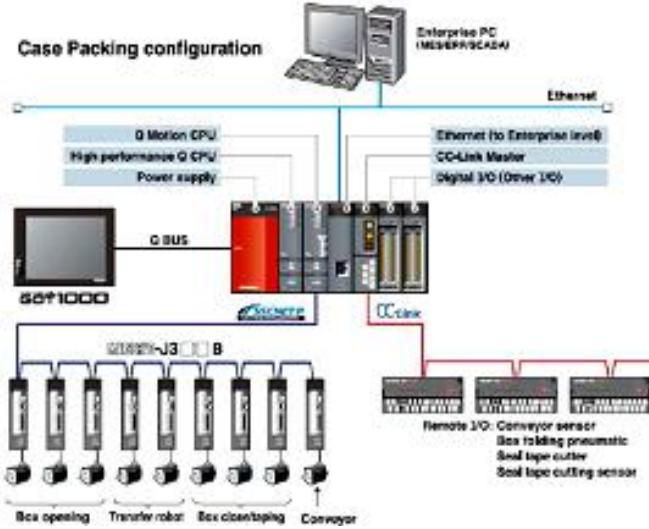


Figura 1.4 (b) Control de movimiento de la encajadora.

En la figura 1.5 (a) se muestra un **paletizador**, y en la figura 1.5 (b) el esquema de control de movimiento.

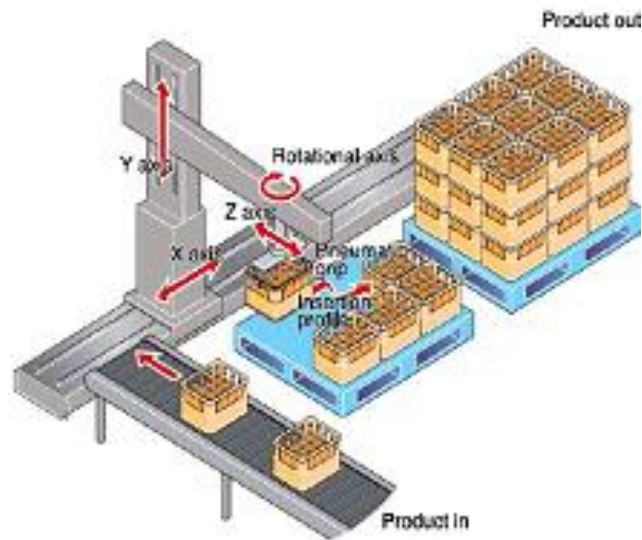


Figura 1.5 (a) Esquema físico del paletizador.

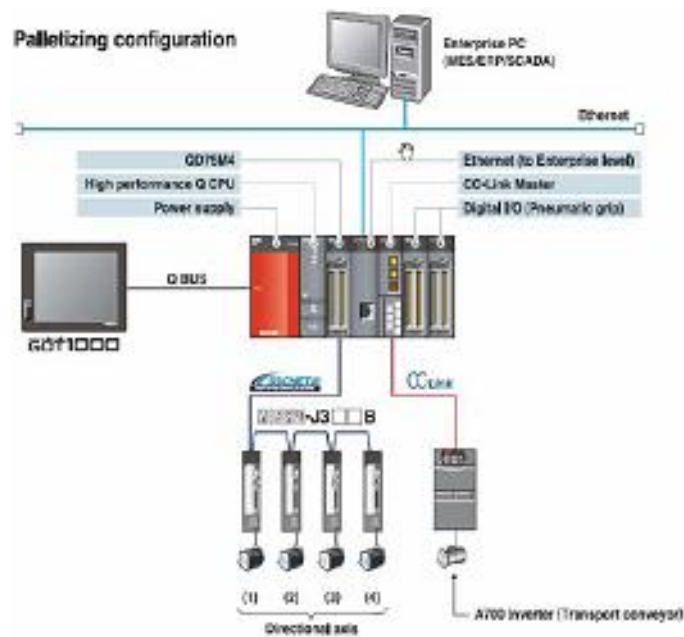


Figura 1.5 (b) Control de movimiento del paletizador.

## **INTRODUCCION AL TRABAJO.**

### **APORTACIONES DEL TRABAJO.**

Se pretende controlar la velocidad de tal forma que al momento del embobinado el hilo no se tense y se rompa contemplando que el hilo que se esta embobinando sea de buena calidad.

### **CONTENIDO DEL TRABAJO.**

En el primer capitulo se describirá el proceso, desde el concepto de control de movimiento, sus elementos, transmisión mecánica accionamientos, controladores, arquitecturas integradas del control de movimiento.

Se hablara del diagrama general del proceso a controlar tanto como su funcionamiento de la maquina embobinadora, sus tareas de control a programar en el PLC. Se mencionaran los dispositivos a utilizar como el visualizador de texto TD200, se describirá el proceso a grandes rasgos, se establecerá la linealizacion que determinan la forma en la cual se tienen que mover los motores.

En el diseño se hablara del principio de funcionamiento de los equipos a utilizar como:

- Controlador lógico programable (PLC).
- Variadores de velocidad.
- Encoders
- Interface hombre maquina (HMI).

Todo el diseño mecánico del soporte utilizado y la biela manivela

# **CAPÍTULO 1.**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

Se investigara el concepto del control de movimiento y el funcionamiento de la misma que se va a realizar.

## 1.1 CONCEPTO DEL CONTROL DE MOVIMIENTO.

La sincronización entre ejes consiste en el movimiento de uno o más ejes (esclavos) en función del movimiento de otro (maestro).

Se suele llamar Control de Movimiento (Motion Control) al conjunto de aplicaciones cuyo funcionamiento se basa en la sincronización entre dos o más ejes. Entre estas aplicaciones destacan:

- ***Gearbox o eje eléctrico:*** seguimiento (en velocidad o en posición) de un accionamiento respecto a otro, con una determinada relación de reducción 1:x (*gearbox* ) o sin ella (eje eléctrico). El resultado es equivalente a una transmisión mecánica entre ambos accionamientos, con lo que se ahorra su montaje, el cual a veces puede ser difícil o simplemente imposible (p.ej. accionamientos muy distantes entre sí, o con ubicaciones problemáticas). Además la relación de transmisión entre ejes puede ser alterada sin manipulaciones sobre la mecánica.
- ***Manipulación al vuelo*** (corte, mecanizado, pintura, soldadura, etc.), es decir, sin parar el transporte. Detener y arrancar continuamente una cinta transportadora suele ser fuente de problemas y representar pérdidas de tiempo de ciclo. Es mejor realizar las tareas necesarias sobre el producto en movimiento, sincronizando la posición de la estación manipuladora con el paso del producto.
- ***Leva electrónica:*** un eje se sitúa en una determinada coordenada en función de la posición de un eje maestro. La analogía con las levas mecánicas es evidente, de ahí su nombre, y de hecho se suelen programar mediante la introducción de las coordenadas equivalentes en una leva mecánica.

### 1.1.1 ELEMENTOS DEL CONTROL DE MOVIMIENTO

Un sistema de control de movimiento consiste de los siguientes componentes: el dispositivo mecánico que se está moviendo, el motor con retroalimentación y



entradas/salidas (E/S) de movimiento, el controlador inteligente y el software de interfaz de programación y de operación.

### **Transmisión mecánica.**

Para el correcto funcionamiento de una máquina o sistema no basta con que los motores se muevan; hemos de transmitir este movimiento a los elementos que finalmente van a realizar el trabajo deseado. En concreto pueden necesitarse:

- **Unidades lineales**, para transformar el movimiento rotativo del motor en desplazamiento lineal.
- **Acoplamientos**, útiles para conectar y desconectar la transmisión de energía del motor al elemento.
- **Variadores de velocidad mecánicos**, para ajustar de forma continua la relación de transmisión entre un eje de entrada y otro de salida.

### **Accionamientos**

Denominamos accionamiento al conjunto de equipos electromecánicos y electrónicos responsables de poner en movimiento un eje a partir de la energía eléctrica.

El accionamiento básico por excelencia es el motor. No obstante, para controlar las variables básicas del movimiento de un motor (en general velocidad angular y/o par, en el caso de motores rotativos, o velocidad lineal y/o fuerza en el caso de motores lineales) se requiere también una etapa electrónica de potencia, encargada de modular la potencia de la red eléctrica de la forma adecuada para gobernar dichas variables.

Prácticamente todos los motores que permiten controlar sus variables básicas se encuadran dentro de alguna de las siguientes tecnologías:

- Motores de CA (corriente alterna) asíncronos.
- Motores paso a paso, o steppers

## **Controladores**

Desde el punto de vista de control del movimiento, entendemos por controladores aquellos equipos encargados de procesar información para convertirla en órdenes hacia la electrónica de potencia de los accionamientos. Por tanto son dispositivos basados en microprocesador o microcontrolador cuya misión principal es realizar cálculos de velocidades, trayectorias, etc., algunos de los cuales pueden llegar a ser muy sofisticados.

Para muchos "el cerebro del sistema"; se encarga de realizar el control de posición. El control de ésta variable lo realiza por medio de un algoritmo de control PID (con algunos filtros adicionales), el cuál debe ser sintonizado para el tipo de aplicación particular, con el fin, de mantener en todo momento el error de posición lo más cercano a cero posible.

Con base en los requerimientos del programa de aplicación, el controlador corrige el error de posición en cada periodo de actualización, modificando la señal de comando enviada al servo amplificador, al reaccionar el servo motor a ese cambio, modificará la señal de retroalimentación o posición real, la cuál será recibida por el controlador y que servirá para calcular nuevamente el error en el siguiente periodo de actualización y corregirlo nuevamente.

Además de ésta función principal realiza otras como la coordinación de eventos externos por medio de entradas y salidas digitales y analógicas, la comunicación con el operador por medio de interfaces inteligentes o terminales, etc.

## **Software de Control de Movimiento**

Los controladores de movimiento regularmente vienen en conjunto con el software de programación y configuración, el cual debe incluir un amplio arreglo de herramientas para desarrollo de aplicaciones para Windows 2000/NT/XP/Me/9x.

El software debe ser una herramienta de desarrollo flexible y de fácil uso para la elaboración y construcción de prototipos en aplicaciones de movimiento, además debe proporcionar la habilidad de desarrollar rápidamente sistemas de control de movimiento. Sí el software es configurable, los dispositivos de adquisición de datos y visión deben integrarse fácilmente solamente con la ayuda de los tutoriales.

### **1.1.2 ARQUITECTURAS INTEGRADAS DEL CONTROL DE MOVIMIENTO**

Los esquemas de arquitectura integrada de varios fabricantes, ofrecen una plataforma multidisciplinaria de control e información diseñada para un amplio rango de aplicaciones, siendo arquitecturas escalables, que son fáciles de usar y de bajo costo de propiedad. Además, se basan en estándares abiertos de la industria para ayudar a integrar todos los componentes dependiendo de la aplicación [4].

Mediante una precisa integración de control de movimiento, control discreto y plataformas HMI, las arquitecturas integradas permiten reducir significativamente el tiempo de ingeniería, permitiendo la máxima reutilización de soluciones a través de múltiples máquinas y aplicaciones, con las sub-siguientes reducciones en aprendizaje y otros costos.

Los componentes del sistema están diseñados para trabajar en conjunto, manteniendo al mínimo los costos de integración y operación, con un acceso transparente e inmediato a toda la información actualizada del sistema de producción desde cualquier lugar, sin requerir programación en el controlador. Los objetos de software y hardware altamente reutilizables simplifican la expansión y el mejoramiento de sistemas y el flujo de información en tiempo real.

## 1.2 DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO A CONTROLAR.

En términos generales en la siguiente figura 2.6 se muestra el funcionamiento por etapas de la embobinadora desde el visualizador de texto (HMI) introduciendo la cantidad deseada en ese momento el PLC manda accionar el funcionamiento de los motores con la cantidad deseada, los encoders le hacen saber al PLC que su petición está a punto de cumplirse y acciona los variadores para disminuir su velocidad.

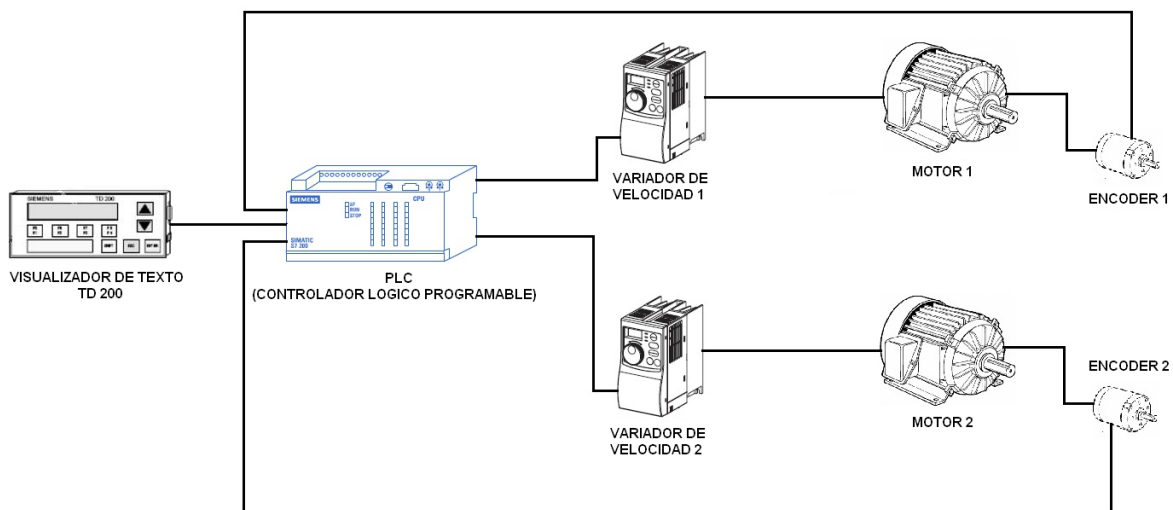


Figura 1.6 Diagrama por etapas del proceso a controlar

## 1.3 FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA EMOBINADORA.

Se tendrá una maquina embobinadora de hilo en la cual entra una tira de hilo y esta maquina enrolla una tiras de 30 metros en un carrete. El carrete se instala en una flecha, la cual esta conectada mecánicamente a un motor de 0.25 HP, y la distribución del hilo por todo el carrete es hecho por el sistema biela manivela. Desde una Interface Hombre Maquina (HMI, visualizador de texto TD 200) podrá introducirse la cantidad en metros a enrollar para el carrete, el encoder acoplado al sistema mecánico

donde se encuentra el carrete, indica el numero de metros que se van a enrollando, con la siguiente relación.

Resolución del encoder de 256 pulsos por vuelta, por cada 4224 pulsos es un metro de hilo enrollado.

El encoder acoplado al sistema manivela biela corredera Determinara la velocidad de la distribución del hilo en el carrete como vaya incrementando el volumen de este la velocidad disminuirá para no tensar el hilo demasiado y este se rompa.

#### **1.4 TAREAS DE CONTROL A PROGRAMAR EN EL PLC.**

##### **1.4.1 VIZUALIZADOR DE TEXTO TD200.**

1. En el panel operador TD200 podrá introducir la cantidad en metros a enrollarse en el carrete. Los valores serán en metros.
2. En el panel operador podrán visualizarse la cantidad de metros que actualmente han sido enrollados.
3. Otra pantalla nos indicara el consumo de corriente del motor para monitorear que la demanda de corriente no exceda el valor nominal.
4. Con la tecla F1 daremos marcha al sistema, con F2 pararemos al sistema pero sin resetear la cuenta actual de metros.
5. Con la tecla F4 pondremos a cero en el contador de metros, ya sea por que se haya alcanzado la cuenta final de metros o existió alguna alarma que haga empezar de nuevo.

### **1.4.2 DESCRIPCION DEL PROCESO.**

1. Introducir la cantidad en metros a enrollar en el carrete por medio de la pantalla del TD200.
2. Una vez instalado el carrete, y puesto a 0 el contador con la tecla F4 del TD200, iniciar el embobinado de los carretes, para esto se deberá de presionar la tecla F1.
3. Tocando la tecla F1 del TD200, el PLC dará marcha al motor desde la salida Q0.0 del PLC, y por medio de la salida analógica del PLC, dará como consigna una velocidad de 30HZ. El motor podrá pararse desde la tecla F2, sin afectar la cuenta actual de metros.
4. Cuando se haya embobinado un 90% de la cantidad introducida en el TD200, el motor que esta conectado al soporte del carrete bajara su velocidad y deberá trabajar a una velocidad a 15 HZ.
5. Cuando se complete el 95% de embobinado, el motor deberá operar a una frecuencia de 5HZ.
6. El motor que esta conectado al sistema manivela biela corredera deberá de disminuir su velocidad en proporción al incremento de hilo en el carrete.
7. Una vez que se haya alcanzado la cuenta, pararan los motores, y desplegar un mensaje que indique que la cantidad a embobinar se cumplió.
8. Realizar el cambio de carrete y presionar la tecla F4 para poner el contador de metros en 0 y comenzar una nueva cuenta.

### **1.4.3 LINEALIZACIÓN**

Para establecer el funcionamiento de los motores que accionan a la embobinadora, es necesario establecer la linealización que determinan la forma en la cual se tienen que mover los motores.

## **Metros a pulsos.**

Considerando que se tiene la longitud de un metro de hilo, se hace embobinar y por lo tanto, los pulsos que proporciona el encoder es de 4224 pulsos/metros de esta manera se obtiene el valor del preset que se tiene que establecer en el contador rápido del PLC. Cabe aclarar que la longitud del hilo se establece en la HMI TD200. De esta manera la ecuación queda:

$$P = 4224 \text{ pulsos/m} * l$$

En donde:

P = Preset

l = longitud del hilo en metros

## **Pulsos a metros**

Numero de pulsos actuales /4224 = conteo total en metros

$$X = P/4224$$

Donde:

X = posición real en metros

P = Preset

## **CAPÍTULO 2. DISEÑO DE LA EMBOBINADORA**

En el siguiente capítulo se describirá el diseño mecánico y la ubicación de los elementos que lo conforman en los diferentes tableros y las conexiones de potencia como de control.



## **2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO UTILIZADO.**

### **2.1.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

Un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a criterios preprogramados.
- Almacenar datos en la memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

Un PLC se conforma de las siguientes partes funcionales.

- Tarjeta o puntos de entrada.
- Tarjetas o puntos de salida.
- Unidad central de proceso (CPU).
- Memoria de programa.
- Bus de datos.
- Fuente de alimentación.

Estas unidades son fundamentales en el PLC. Cada una de ellas cumple con una función específica. (Figura 2.1).

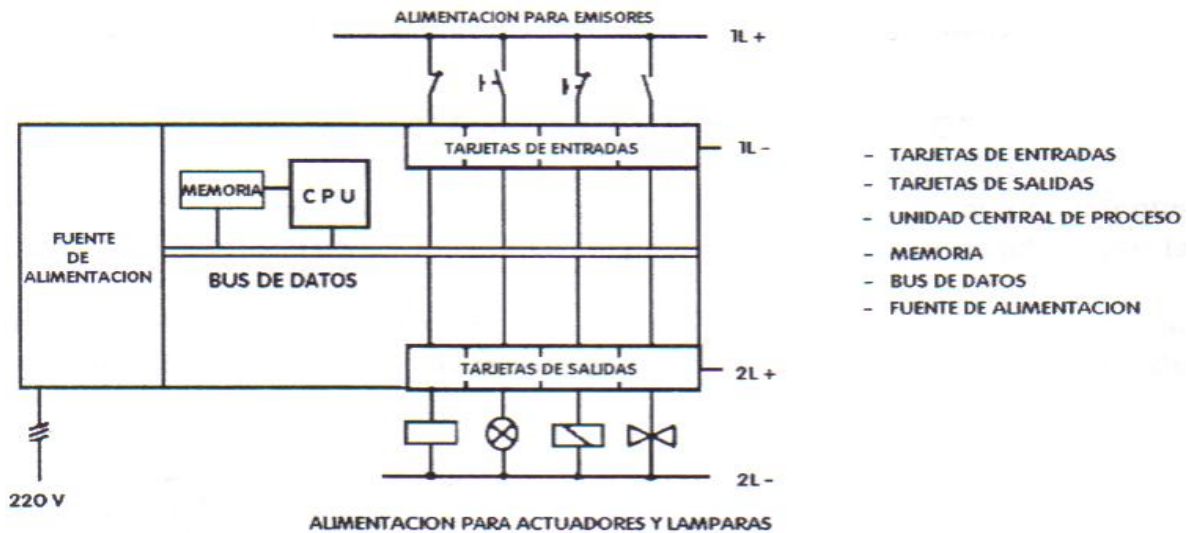


Figura No 2.1. Partes fundamentales de un PLC.

### 2.1.2 VARIADOR DE VELOCIDAD.

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada

Un variador de velocidad se compone por (figura 2.2):

- Etapa rectificadora.
- Etapa intermedia.
- Inversor.
- Etapas de control.

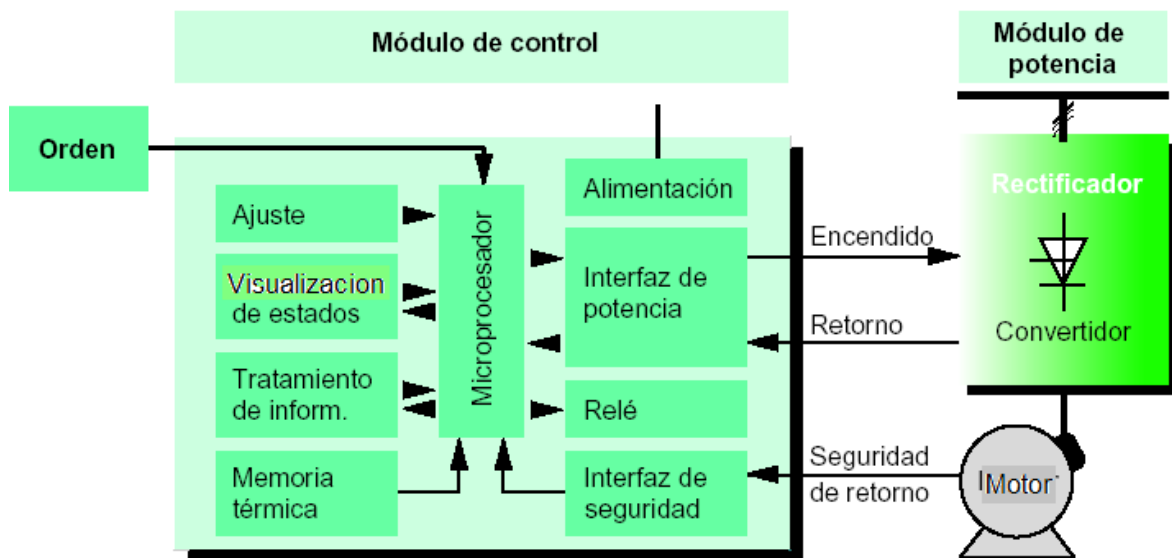


Figura 2.2. Estructura general de un variador de velocidad

### 2.1.3 ENCODER.

Un disco que gira, con zonas transparentes y opacas interrumpe un haz de luz captado por fotoreceptores, luego estos transforman los impulsos luminosos en impulsos eléctricos los cuales son tratados y transmitidos por la electrónica de salida (figura 2.3).

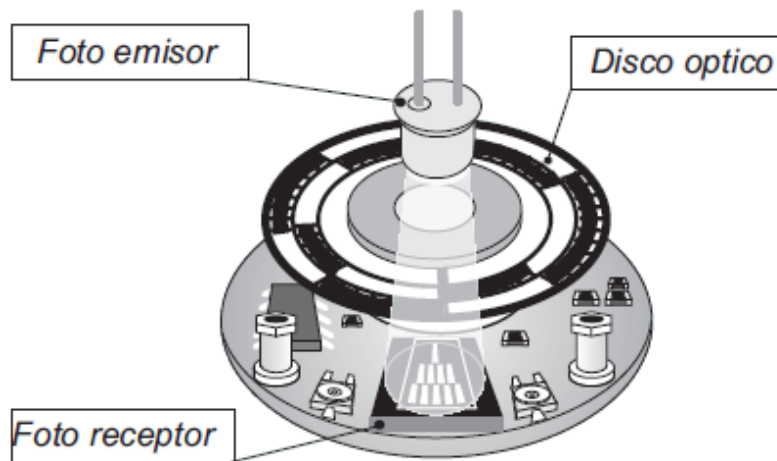


Figura 2.3. Estructura interna de un encoder.

## 2.2 INTERFACE HOMBRE MAQUINA (HMI).

Es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. También permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas.

Podemos distinguir básicamente dos tipos de HMI.

- Terminal de Operador, consistente en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos.
- PC + Software, esto constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación.

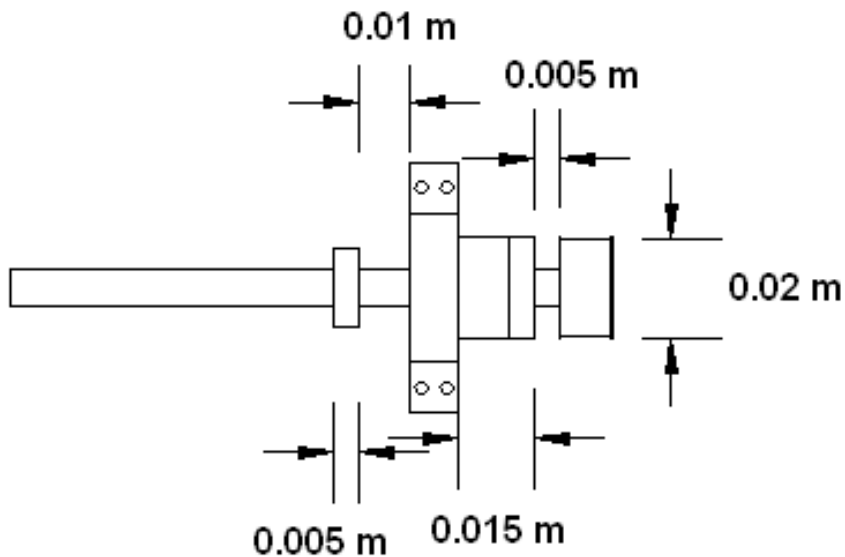
## 2.3 DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO.

### 2.3.1 SOPORTE DEL CARRETE.

Este es el mecanismo donde se colocara el carrete (*figura 2.4*), el mecanismo se construyo basándose en las medidas de un carrete ya existente en el mercado.

En el soporte se introducirá el carrete nuevo y se retirara al termino de embobinarse, será fácil y rápido por eso el diseño, para lograr que el carrete de vueltas se coloco una banda la cual transmite la fuerza del motor al eje del soporte

A continuación se muestran las medidas del soporte del carrete, se considero importante hacerle varias tomas, lateral, superior, trasera y frontal.



*Figura 2.4 Vista superior del soporte.*

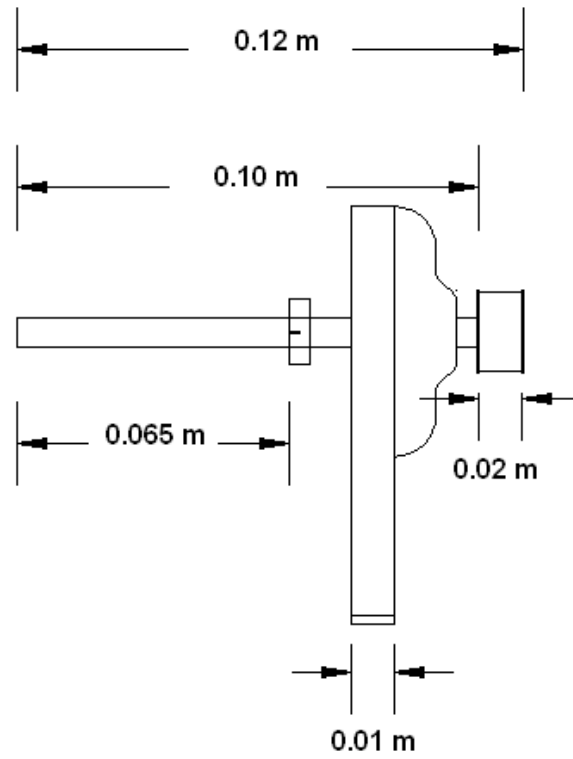


Figura 2.5 Vista lateral del soporte.

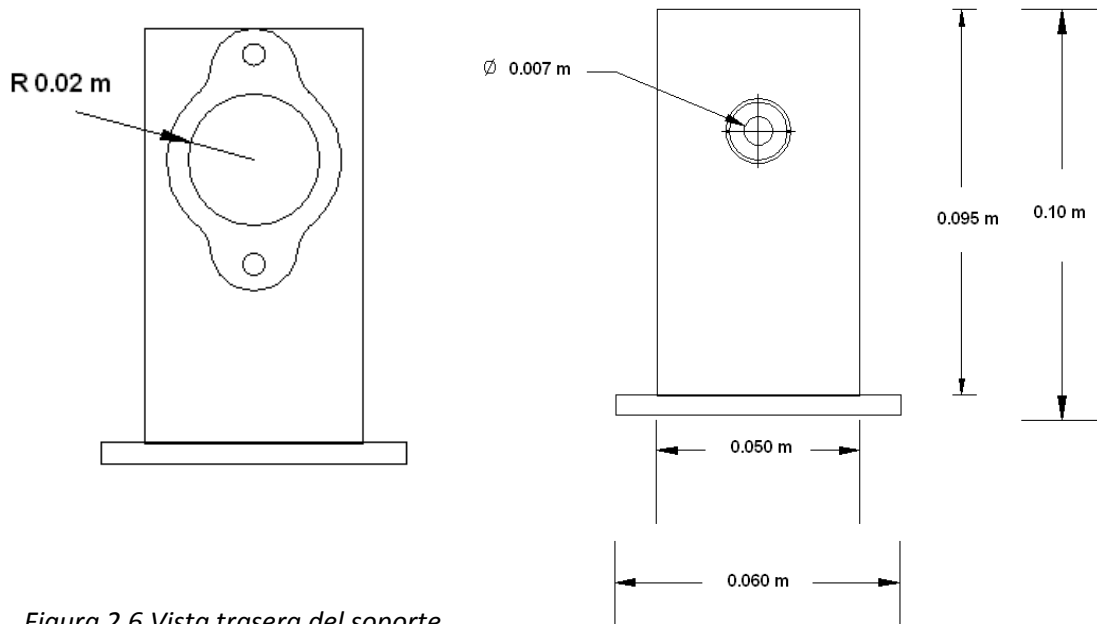


Figura 2.6 Vista trasera del soporte.

Figura 2.7 Vista frontal del soporte.

### 2.3.2 BIELA MANIVELA.

Se trata de un mecanismo capaz de transformar el movimiento circular en movimiento alternativo. Dicho sistema está formado por un elemento giratorio denominado manivela que va conectado con una barra rígida llamada biela, de tal forma que al girar la manivela la biela se ve obligada a retroceder y avanzar, produciendo un movimiento alternativo.

Este mecanismo es el que se encarga de distribuir el hilo uniformemente por todo el carrete.

La figura 2.8 muestra las diferentes partes que componen a la biela manivela.

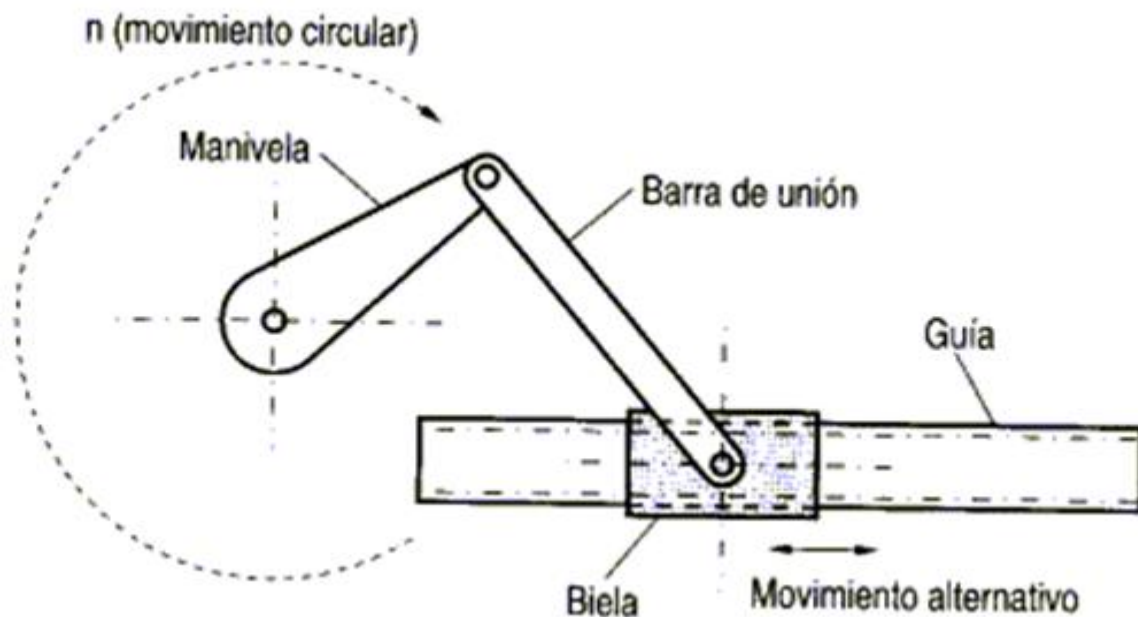


Figura 2.8 Partes de una biela manivela.

A continuación se muestran las medidas de la manivela biela.

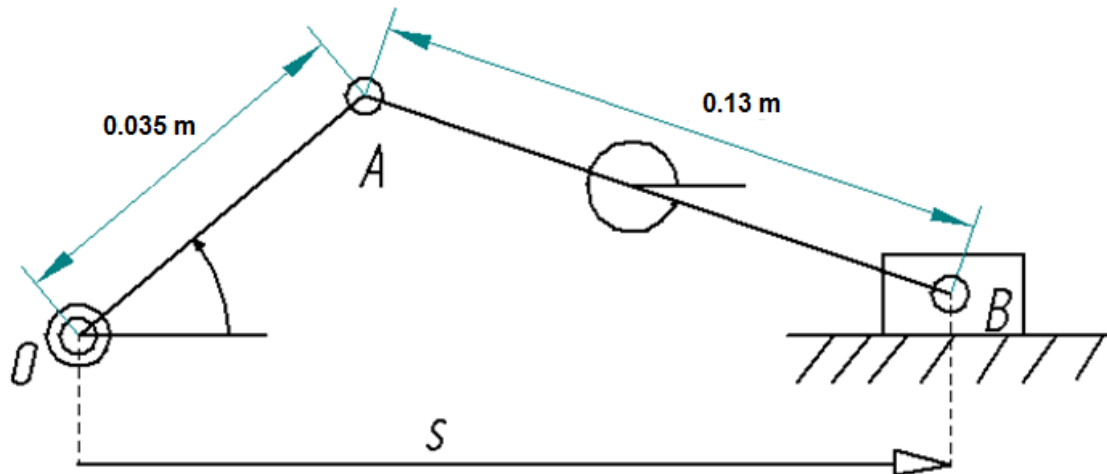


Figura 2.9 Medidas de la manivela y barra de unión.

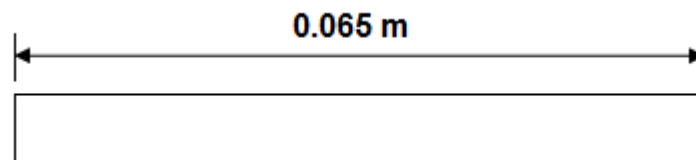


Figura 2.10 medida de la guía.

## 2.4 DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO EN EL TABLERO.

Como regla general para la distribución de los equipos que conforman el sistema, aleje siempre los aparatos de alta tensión que generan interferencias de los equipos de baja tensión y de tipo lógico.



### 2.4.1 DISTRIBUCIÓN DEL PLC

Al configurar la disposición del S7-200 en el armario eléctrico, tenga en cuenta los aparatos que generan calor y disponga los equipos electrónicos en las zonas más frías del armario eléctrico. El funcionamiento de equipos electrónicos en entornos de alta temperatura acorta su vida útil.

A continuación la (figura No 2.11) muestra la conexión esquemática del PLC en su modulo.

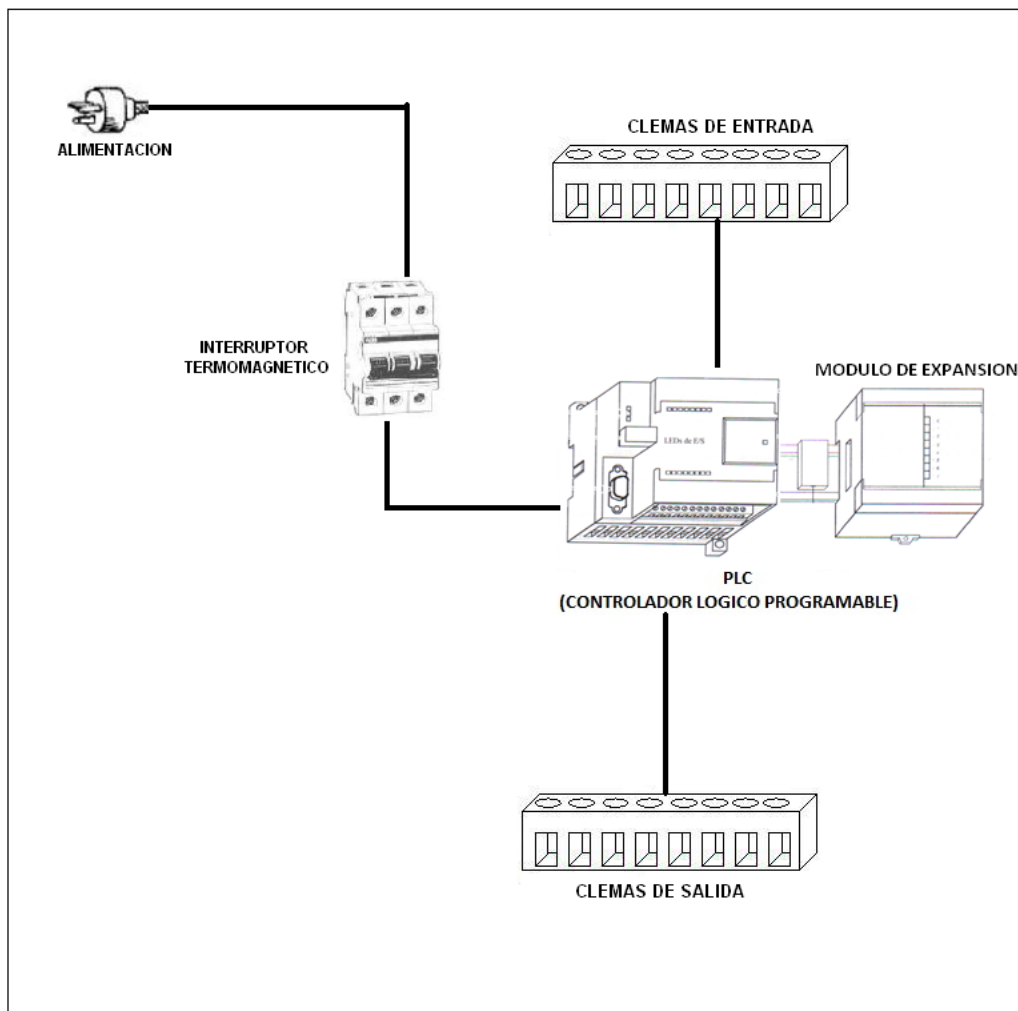


Figura 2.11 Controlador Lógico Programable (PLC)

Considere también la ruta del cableado de los equipos montados en el armario eléctrico. Evite colocar los conductores de señalización y los cables de comunicación en una misma canalización junto con los cables c.a. y los cables c.c. de alta tensión y de conmutación rápida.

Para los equipos S7-200 se ha previsto la ventilación por convección natural. Por tanto, se deberá dejar un margen mínimo de 25 mm por encima y por debajo de los equipos. Asimismo, prevea 75 mm para la profundidad de montaje.

En la siguiente *figura 2.12* se puede apreciar la distribución que tiene el PLC y el modulo de expansión.

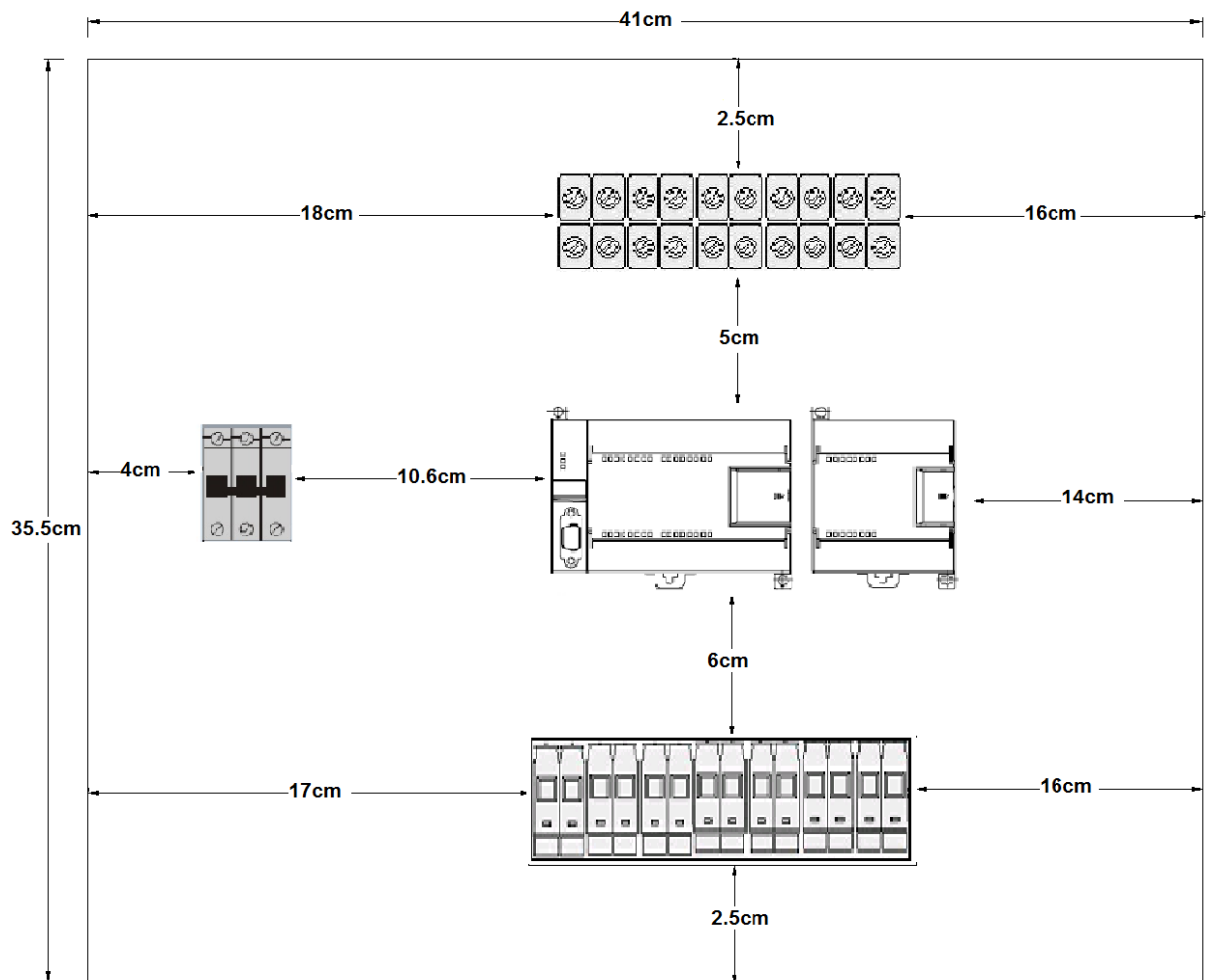


Figura 2.12 Distribución del PLC Siemens S7-200 en el tablero.

#### **2.4.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD.**

El variador debe de estar a una temperatura no menor de  $-10^{\circ}\text{C}$  y no superior a  $50^{\circ}\text{C}$  y con una separación de 1cm como mínimo para los lados izquierdo y derecho así como de 10cm para la parte superior e inferior y para la parte de enfrente mínimo 5cm.

Nunca instale o manejar en cualquiera de las siguientes condiciones, ya que hacerlo podría causar un error de operación

- Exposición directa al sol.
- Vibración.
- Temperaturas muy altas o bajas.
- En posición horizontal.
- Cerca de aceites o sustancias inflamables

En la figura 2.13 se encuentra el variador de velocidad Mitsubishi representado esquemáticamente desde sus protecciones hasta el control, con sus clemas de entrada y de salida.

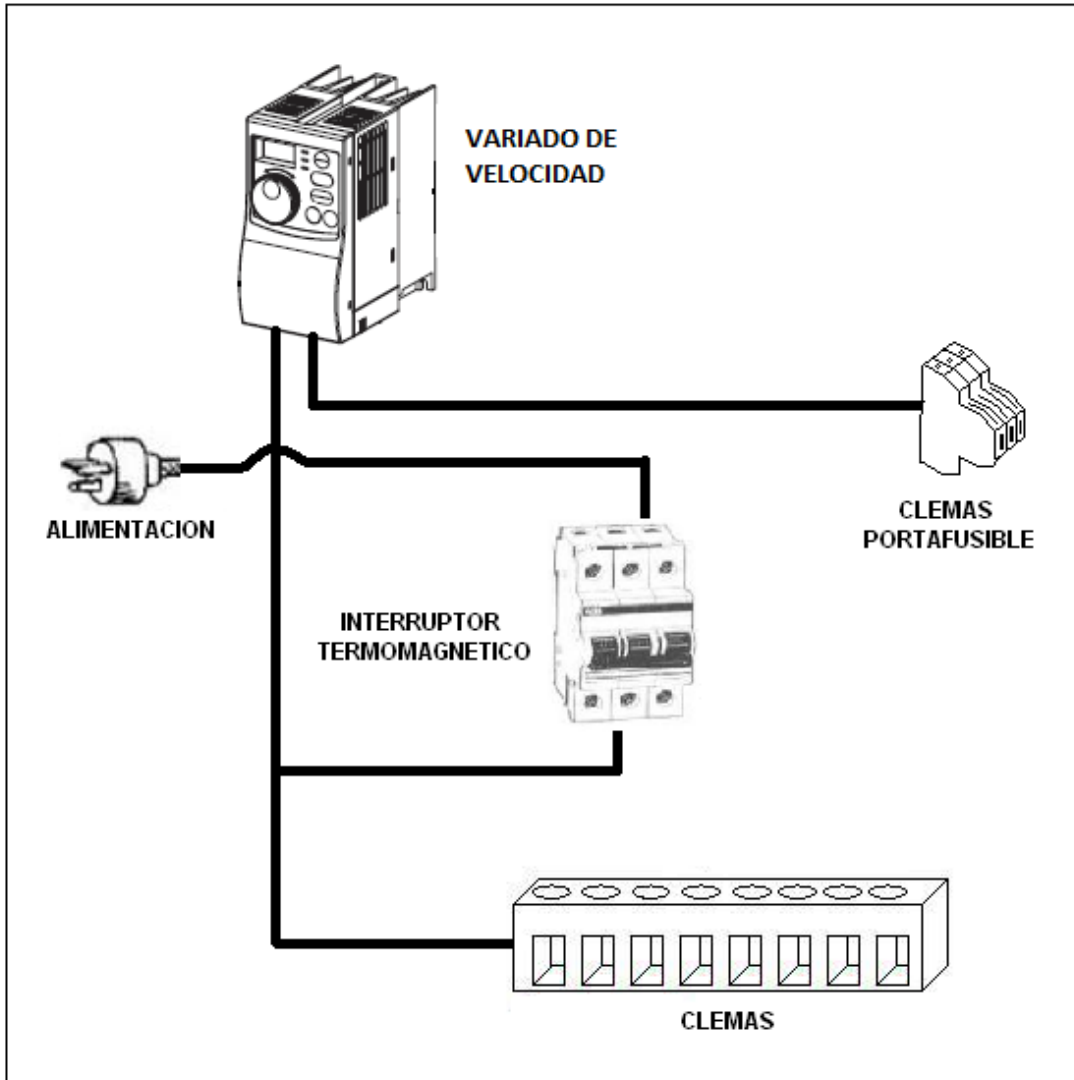


Figura 2.13 Variador de velocidad.

A continuación se muestra los diagramas de distribución del variador Mitsubishi (figura 2.14) y Moeller (figura 2.15) funcione sin problemas y su tiempo de vida sea el más alto

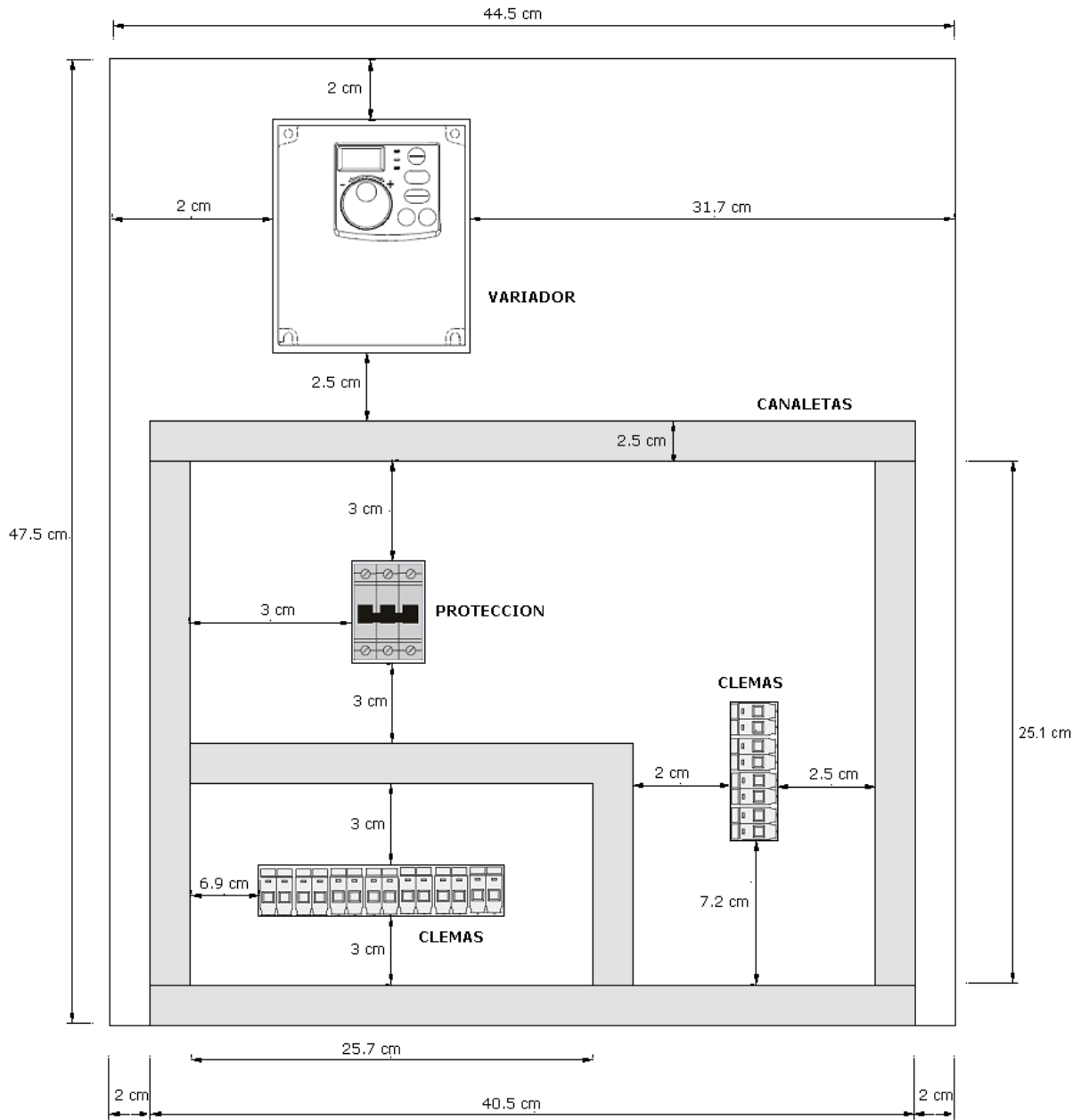


Figura 2.14 Distribución del variador de velocidad Mitsubishi en el tablero.

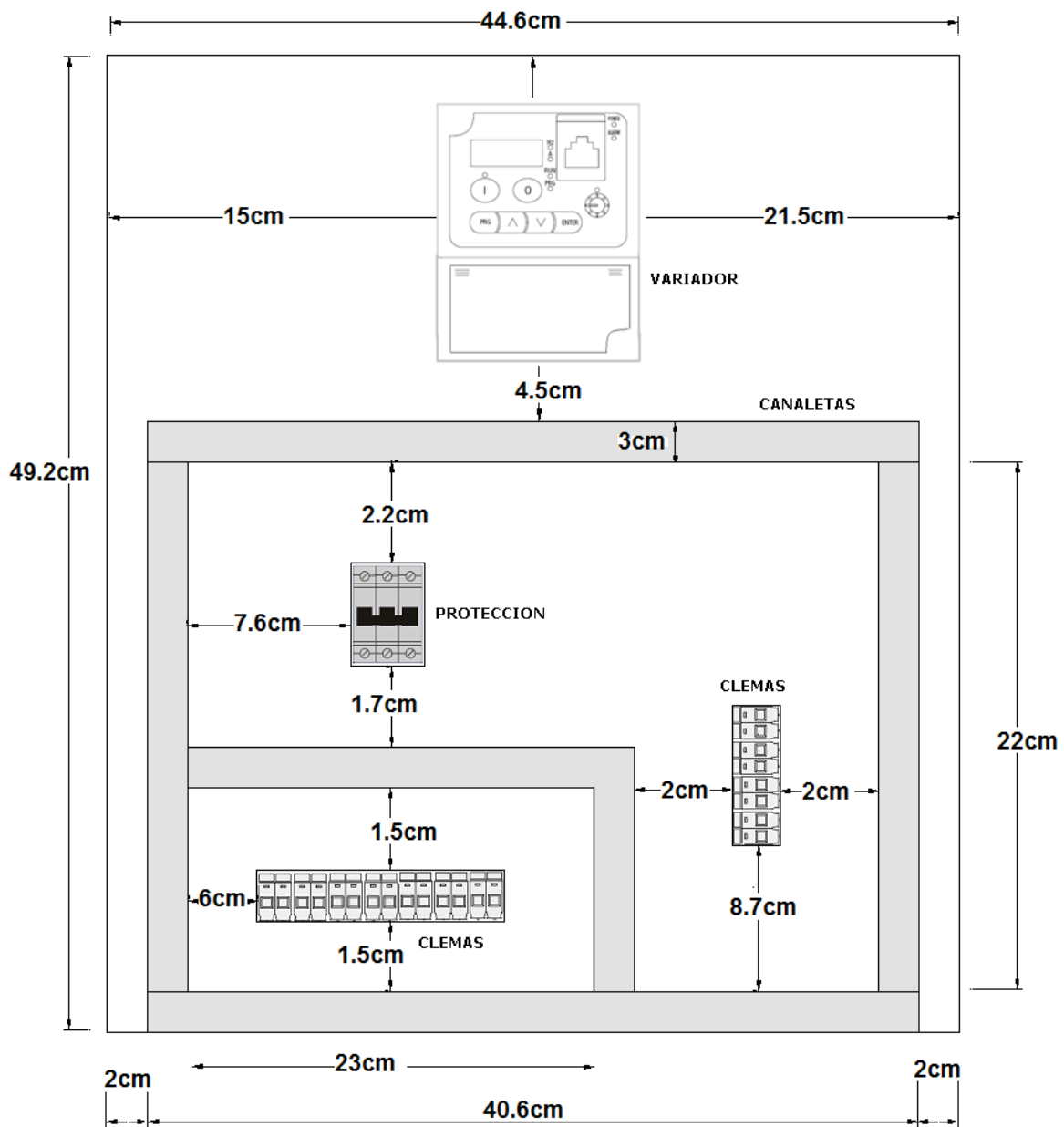


Figura 2.15 Distribución del variador de velocidad Moeller en el tablero.

## 2.5 DIAGRAMAS DE POTENCIA PARA LOS EQUIPOS.

### 2.5.1 DIAGRAMA DE POTENCIA DEL PLC.

En la siguiente figura 2.16 se muestra la conexión de potencia como se alimenta y que pines se utilizan para el PLC y el modulo de expansión.

Tabla 2.1 Descripción de las terminales de poder del S7 200.

Símbolo de terminales	Función	Descripción
L, N	Suministro de voltaje	• 1 Fase de voltaje: conexión a L y N
⊕	Tierras	Caja de puesta a tierra (previene daños en partes metálicas por mal funcionamiento)

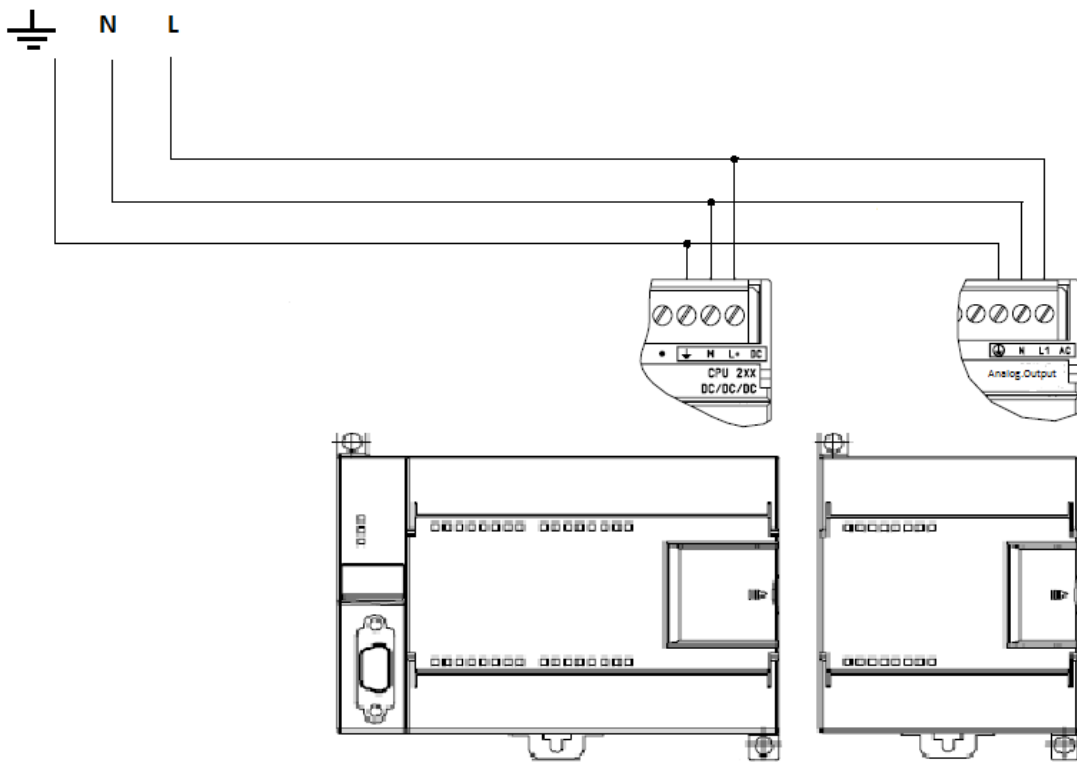


Figura 2.16 Diagrama de potencia del PLC Siemens S7-200.

## 2.5.2 DIAGRAMA DE POTENCIA DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD.

*Tabla 2.2 Descripción de las terminales de poder Mitsubishi.*

Terminal símbolo	Nombre Terminal	Descripción
<b>R/L1, S/L2, T/L3 (*1)</b>	Entrada de alimentación de CA	Conectar a la red eléctrica comercial.
<b>U, V, W</b>	Salida del variador	Conecte un motor trifásico de jaula de ardilla.
<b>PR (*2)</b>	No utilice la terminal de relaciones públicas.	
<b>P/+, N/-</b>	Freno de la unidad conexión	Conecte la unidad de frenado (BU), la regeneración de energía convertidor común (FR-CV) o alto factor de potencia convertidor (FR-HC). (El N / - terminal no está previsto el FR-S520E-a 0,1 K 0.75K-NA).
<b>P/+, P1</b>	DC reactor conexión	Quitar el puente entre los terminales P - P1 y conectar el reactor de CC opcional (FR-HEL (-H) / FR-BEL (-H)). (La monofásico 100V de entrada del modelo poder no puede ser conectado.)
<b>Tierra</b>	Suelo	Por tierra el chasis del inversor. Debe ser conectado a tierra.

La tabla anterior respalda las terminales que en la figura 2.17 se utilizan para alimentar el variador de velocidad Mitsubishi.



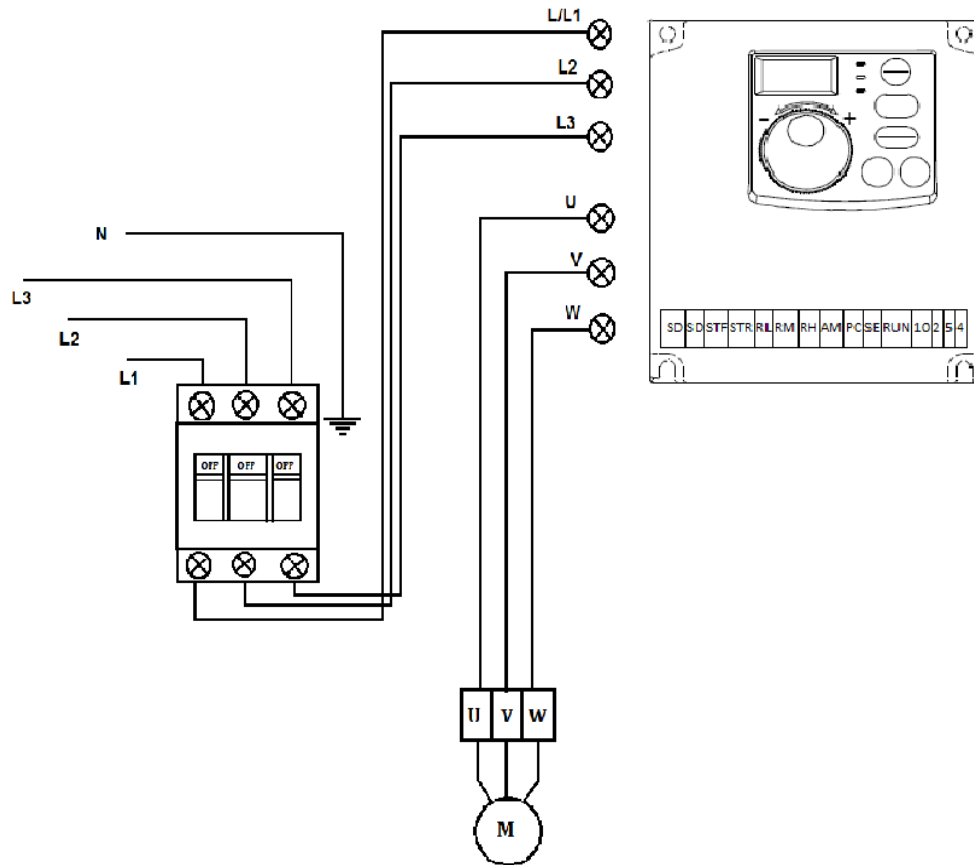


Figura 2.17 Diagrama de potencia del variador de velocidad Mitsubishi al PLC.

Tabla No 2.3. Descripción de las terminales de poder Moeller.

Símbolo de terminales	Función	Descripción
L, L1, L2, L3 N	Suministro de voltaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Fase de voltaje: conexión a L y N</li> <li>3 fases de voltaje: conexión a L1, L2, L3</li> </ul>
U, V, W	Salida inversora de frecuencia	Conexión al motor, 3 fases
L+, DC+	Reactor externo directo de voltaje	Terminal L+ y DC+ están puenteados con un brinco. Si un enlace DC choke se usa, el jumper debe ser removido.
DC+, DC-	Conexión interna DC	Estas terminales son usadas para resistencias de ruptura externa opcional y conexión de DC y suministrar DC a inversor de frecuencia múltiple
⊕, PE	Tierras	Caja de puesta a tierra (previene daños en partes metálicas por mal funcionamiento)

La tabla anterior respalda las terminales que en la figura 2.18 se utilizan para alimentar el variador de velocidad Moeller.

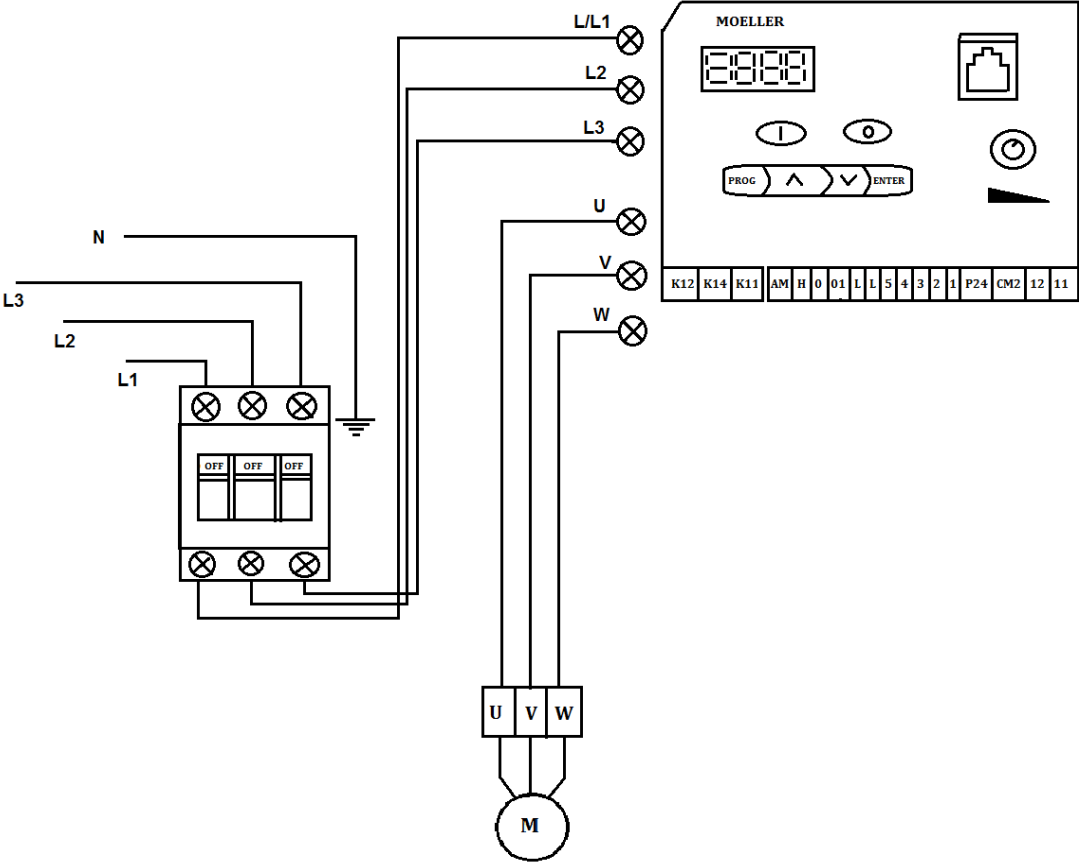


Figura 2.18 Diagrama de potencia del variador de velocidad Moler al PLC.

### 2.5.3 DIAGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE LOS ENCODERS.

En la figura 2.19 se muestra el diagrama de potencia y las conexiones adecuadas para cada encoder y la fuente a utilizar.

Tabla No 2.4 Descripción de las terminales de poder de los encoders.

<b>Sistema de detección</b>	<i>incremento</i>
<b>Fuente de energía</b>	<i>DC 5V, 8 ~ 24V</i>
<b>Consumo de corriente</b>	<i>50 mA o menos</i>

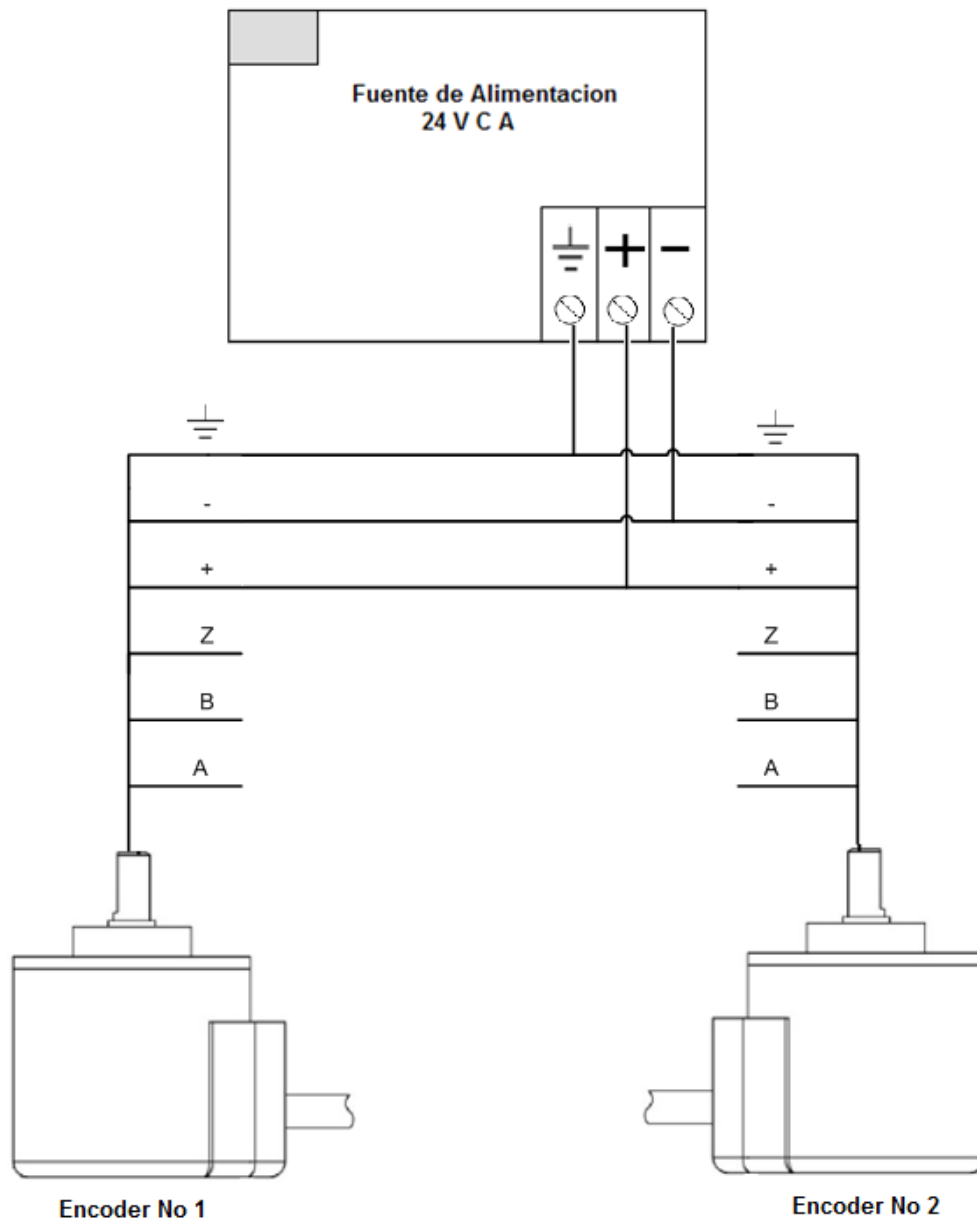


Figura 2.19 Diagrama de Potencia para los Encoder No 1 y 2.

## 2.6 DIAGRAMAS DE CONTROL PARA LOS EQUIPOS.

### 2.6.1 DIAGRAMA DE CONTROL DE LOS VARIADORES.

Tabla No 2.5. Descripción de las terminales de control Mitsubishi.

Símbolo		Nombre de terminal	Definición
Las señales de entrada	Contacto de entrada	STF	La rotación de avance empezar Encienda la señal STF a iniciar la rotación hacia adelante y apáguelo de parar. Cuando el STF y STR las señales se activan al mismo tiempo, la parada comando.
		STR	Invierta la rotación empezar Encienda la señal de STR empezar a invertir la rotación y apáguelo de parar. La terminal funciones cambian con terminal de entrada función de selección (Pr. 60 a Pr.63). (* 3)
		RH RM RL	Multi-velocidad selección Encienda el RH, RM y RL en señales las combinaciones adecuadas para seleccionar varias velocidades. Las prioridades de la velocidad de comandos son en orden de desplazamiento, el establecimiento de varias velocidades (RH, RM, RL, REX) y la Unión Africana.
	SD (*1)	Contacto de entrada común (lavabo)	Común a los terminales de contacto de entrada (STF, STR, RH, RM, RL). (* 6)
	PC(*2)	Externo transistor común, 24VDC fuente de alimentación, contacto de entrada común (fuente)	Cuando se conecta la salida del transistor (salida de colector abierto), como un controlador programable (PLC), conecte el positivo, fuente de alimentación externa para la salida de transistor a este terminal a prevenir un mal funcionamiento causado por las corrientes indeseables. Este terminal se puede utilizar como un 24VDC, 0.1A potencia de salida a través de terminales de PC-SD. Cuando la lógica fuente se ha seleccionado, esta terminal sirve como una entrada de contacto común.
10	Configuración de frecuencia fuente de alimentación	5VDC, carga admisible 10mA actual.	
Configuración de frecuencia	2	Configuración de frecuencia (Señal de tensión)	Introducción de 0 a 5 V CC (o 0 a 10V) proporciona el máximo rendimiento frecuencia a 5V (10V) y hace de entrada y de salida proporcional. Cambiar entre 5V y 10V con Pr. 73 "0-5V, 0-10V de selección". Entrada 10kΩ resistencia. Máxima admisible 20V de tensión de entrada

		4	Configuración de frecuencia (Señal de corriente)	<p>Entrada 4 a 20mADC. Es ajustado en fábrica a 0 Hz a 4 mA y en 60Hz para 20 mA. Máximo 30 mA de corriente de entrada admisible. Resistencia de entrada aproximadamente 250Ω.</p> <p>Encienda la UA señal para la entrada actual.</p> <p>En cuanto la señal de la UA sobre hace inválida tensión de entrada. Utilice cualquiera de Pr. 60 a Pr. 63 (terminal de entrada de selección de función) para establecer la UA señal.</p>
	5		Configuración de frecuencia entrada común	<p>Terminales comunes para el ajuste de frecuencia de señales (Terminal 2, 4) y la conexión del indicador (terminal de AM). (* 6)</p>

En la tabla anterior se muestra y respalda la función y la descripción de cada pin de control del siguiente variador de velocidad en el cual se muestra los que se utilizaron para lograr el control requerido. Figura 2.20.

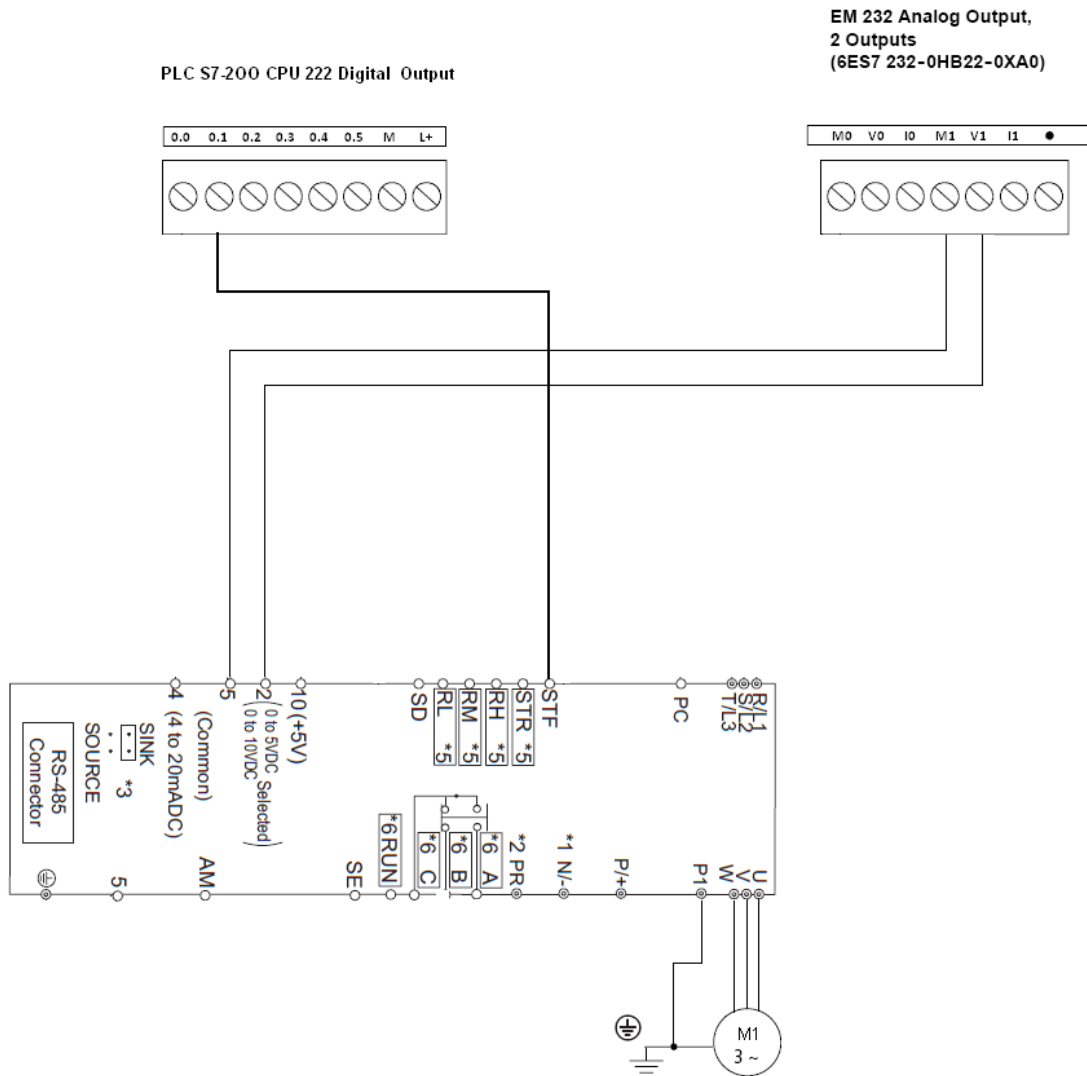


Figura 2.20 Diagrama de control del variador de velocidad Mitsubishi al PLC.

Tabla No 2.6. Descripción de las terminales de control Moeller.

No	Función	Nivel	DS	Datos Técnicos Descripción
L	Potencial de referencia común	0v	-	Potencial de referencia para las fuentes de tensión interna P24 y H
5	Entrada Digital	Alto=+12 a	Reajustar	lógica PNP, configurables, Ri> 100 k ohms Potencial de

		+27v		referencia: terminal L
<b>4</b>	Entrada Digital	Bajo=0 a +3v	FF2 (FF3)=frecuencia fija 2 (3)	lógica PNP, configurables, Ri = 5,6 kO Potencial de referencia: terminal L
<b>3</b>	Entrada Digital		FF1 (FF3)=frecuencia fija 1 (3)	
<b>2</b>	Entrada Digital		REV=anti horario de rotación campo	
<b>1</b>	Entrada Digital		FWD=a la derecha campo giratorio	
<b>P24</b>	Voltaje de control de salida	+24v	-	Tensión de alimentación para accionamiento de las entradas digitales 1 a 5. Capacidad de carga: 30 mA Potencial de referencia: terminal L
<b>h</b>	Voltaje de referencia de salida	+10v de corriente directa	-	Tensión de alimentación para el potenciómetro externo valor de referencia. Capacidad de carga: 10 mA Potencial de referencia: terminal L
<b>O</b>	Entrada Analógica	0 a +10v de corriente directa	Frecuencia de valor de consigna (0 a 50Hz)	Ri = 10 kO Potencial de referencia: terminal L
<b>OI</b>	Entrada Analógica	4 a 20mA	Frecuencia de valor de consigna (0 a 50Hz)	RB = 250 O Salida: Terminal de L
<b>L</b>	Potencial de referencia común	0v	-	Potencial de referencia para las fuentes de tensión interna P24 y H
<b>AM</b>	Salida analógica	0 a +10v de corriente directa	Frecuencia valor real (0 a 50Hz)	Configurable, voltaje de CC, de 0 a 10 V corresponde a fijar la frecuencia de final (50 Hz). Capacidad de carga: 1 mA Potencial de referencia: terminal L
<b>CM2</b>	Potencial de referencia, transistor de salida	Up a 27v de corriente directa	-	Conexión: potencial de referencia común (0 V, 24 V), de la fuente de tensión externa para el transistor salidas, terminales 11 y 12. Capacidad de carga: hasta 100

				mA (Suma de los terminales de 11 + 12)
<b>12</b>	Salida del transistor	Up a 27v=CM2	RUN (operación)	colector configurable, abra 11 transistor de salida de carga capacidad de carga: hasta 50 mA
<b>11</b>	Salida del transistor		Punto de ajuste de frecuencia avanzado	

En la tabla anterior se muestra y respalda la función y la descripción de cada pin de control del siguiente variador de velocidad en el cual se muestra los que se utilizaron para lograr el control requerido. Figura 2.21

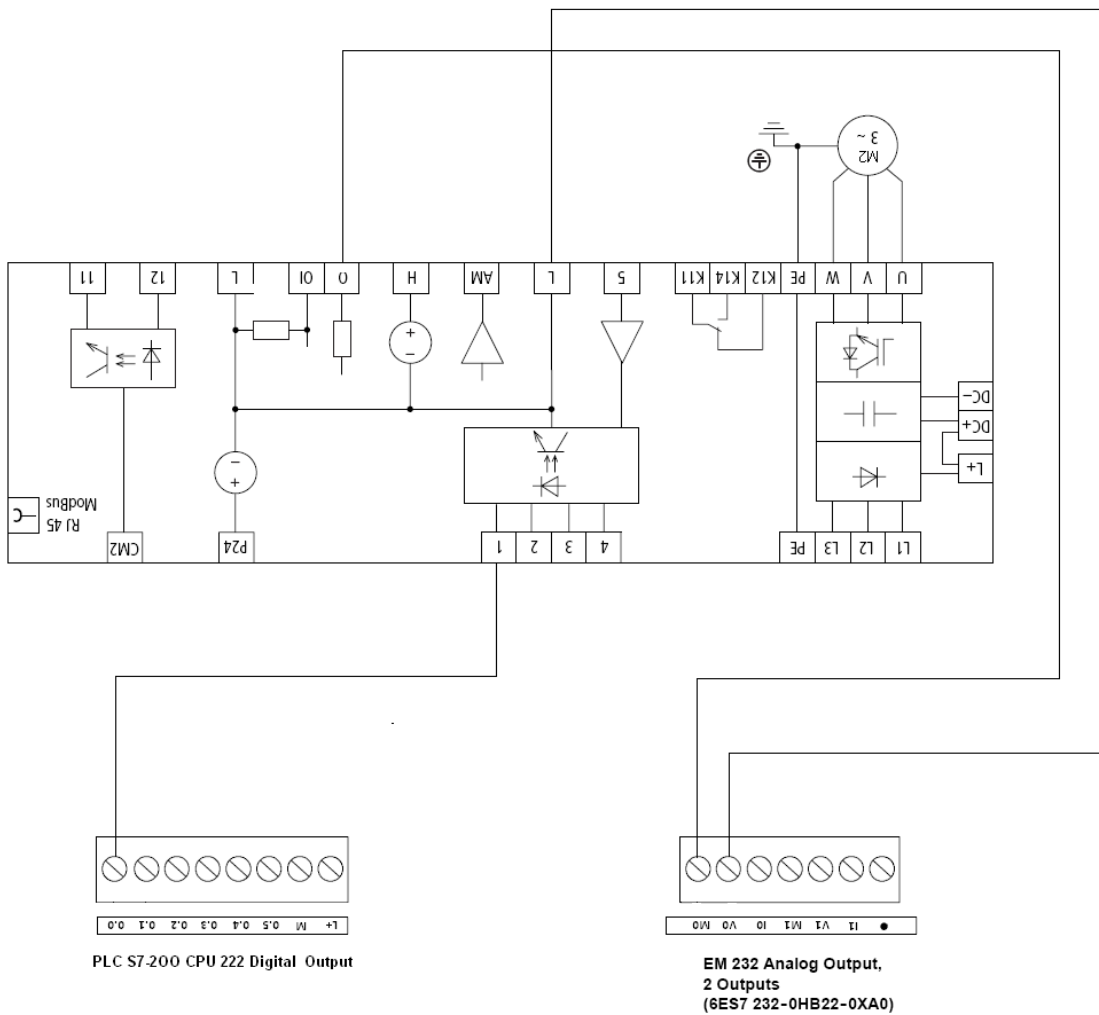


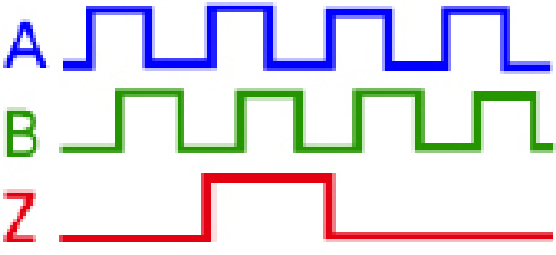
Figura 2.21 Diagrama de control del variador de velocidad Moler al PLC.



## 2.6.2 DIAGRAMA DE CONTROL DE LOS ENCODERS.

La figura 2.22 y 2.23 permiten apreciar la conexión de control para los encoders hacia el PLC.

Tabla No 2.7 Descripción de las terminales de control de los encoders

<i>Fase de salida</i>	A,B A,B,Z
<i>Salida de forma de onda</i>	
<i>Modo de salida</i>	<i>push-pull</i>

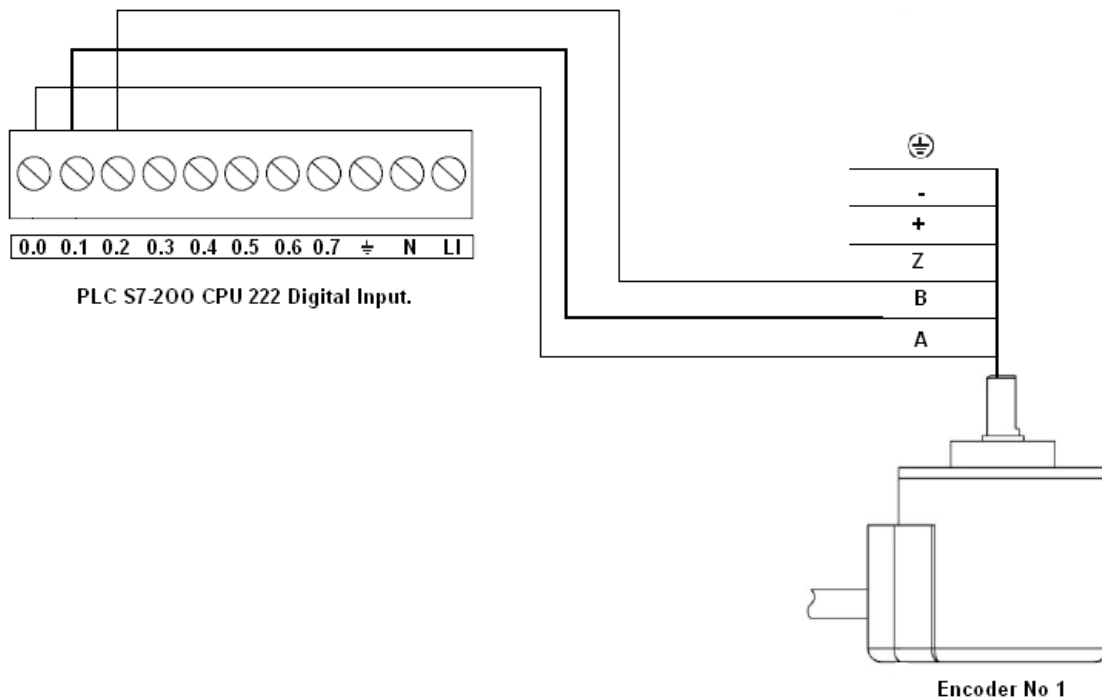


Figura 2.22 Diagrama de control del Encoder No 1 al PLC.

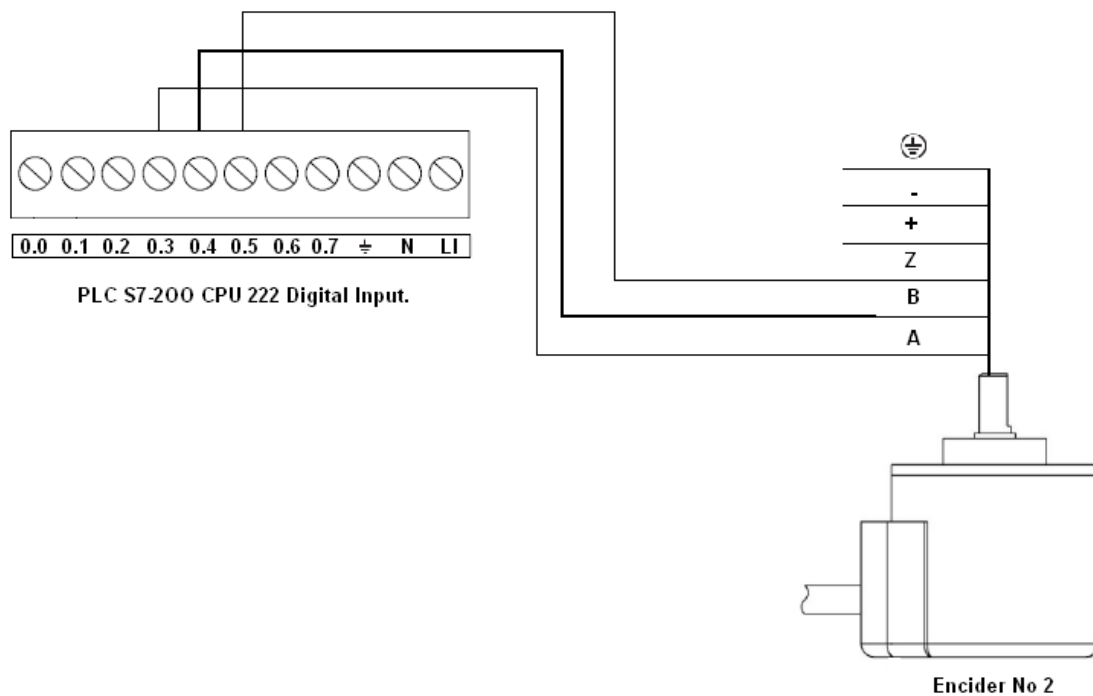
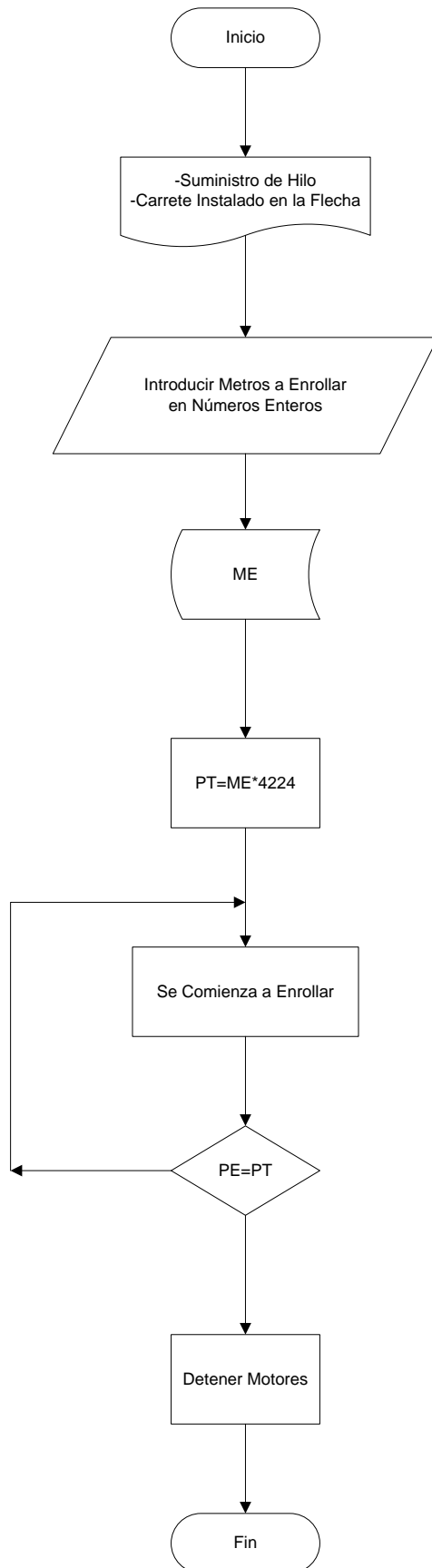


Figura 2.23 Diagrama de control del Encoder No 2 al PLC.

## 2.7 DIAGRAMA DE FLUJO

En primer término se verifica si cuenta con suministro de hilo y carrete instalado en la flecha. Entonces se introducen los metros a enrollar en números enteros, se guarda, esta es multiplica por 4224 que son los pulsos a los cuales equivale un metro, esto se realiza porque el encoder trabaja con pulsos y los manda a las entradas rápidas del PLC , y lo que hace el PLC es contar los pulsos con un contador.

Después el PLC compara los pulsos con los que se calcularon y si son iguales manda la señal de paro a los motores y si no sigue funcionando.



**CAPÍTULO 3.**  
**ANÁLISIS ECONÓMICO**

### 3.1 COSTO DE DISEÑO

#### 1. Costos de diseño.

1 día = 8 horas de trabajo

1 semana = 5 días hábiles

1 mes = 22 días

Las horas laboradas en un mes se expresa con la siguiente ecuación:

$$HORAS_{mes} = (22 \text{ días}) (8 \text{ horas}) = 176 \text{ horas}$$

Se emplearon 176 horas de labor en el diseño por un solo ingeniero en Control y Automatización. La siguiente ecuación expresa los meses de labor:

$$Meses = 176 \text{ horas/Ing.} / 176 \text{ horas} = 1 \text{ mes}$$

El costo por un solo ingeniero se muestra en la siguiente expresión:

$$Costo_{1 \text{ ingeniero}} = (\$10,000.00)(1 \text{ mes}) = \$10,000.00$$

El costo total por dos ingenieros que colaboraron en el proyecto es de:

$$Costo_{diseño} = (\$10,000.00)(2) = \$20,000.00$$

### 3.2. COSTO DEL EQUIPO

Tabla 3.1.- Costo del Equipo de control (dólar a \$13.20)

<b>TIPO</b>	<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
<i>PLC siemens s7-200 cpu 222</i>	<i>USD\$368.94</i>	<i>1</i>	<i>\$4800</i>
<i>Modulo de expansión EM 232 Analog Output, 2 Outputs</i>	<i>USD\$113.63</i>	<i>1</i>	<i>\$1500</i>

<i>Variador de velocidad Mitsubishi</i>	<i>USD\$265.15</i>	<i>1</i>	<i>\$3500</i>
<i>Variador de velocidad Moeller</i>	<i>USD\$234.84</i>	<i>1</i>	<i>\$3100</i>
<i>Encoder</i>	<i>USD\$45.45</i>	<i>2</i>	<i>\$1200</i>
<i>Motor C.A.25 HP</i>	<i>USD\$53.03</i>	<i>2</i>	<i>1400</i>

*Tipo de cambio \$13.20*

*Tabla 3.2. –Costo otros*

<b>TIPO</b>	<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
<i>Clemas 1492-15T paquete de 100</i>	<i>USD\$5.29</i>	<i>31</i>	<i>\$69.82</i>
<i>Riel DIN 1492-DR5 paquete de 10</i>	<i>USD\$9.46</i>	<i>1</i>	<i>\$124.87</i>
<i>1 paquete de 100 clemas 1492-M7X12</i>	<i>USD\$1.51</i>	<i>20</i>	<i>\$19.93</i>

**CAPÍTULO 4.**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES A**  
**TRABAJOS FUTUROS**

#### **4.1 CONCLUSIONES.**

Después de encontrar información sobre las embobinadoras se descubrió que el problema de la ruptura del hilo también tenía que ver con la mala calidad del hilo, que se contaba del proceso anterior.

En este trabajo se proporcionaron los fundamentos teóricos sobre el control de movimiento, analizándose el funcionamiento de cada uno de los componentes y dando las pautas para la integración del sistema de control de movimiento con respecto a los equipos y componentes que se seleccionaron para la aplicación, como son los motores de inducción, variadores de velocidad, las interfaces-hombre-máquina, la comunicación industrial con otro tipo de dispositivos o controladores y explotar tanto una jerarquía de tipo horizontal y vertical. Asimismo, este trabajo muestra un diseño relacionado al control de movimiento, que sirven para motivar y exaltar el estudio sobre este, ya que gran parte de la industria nacional tiene aplicaciones de este tipo.

En base al objetivo se concluyó que la semi-automatización del control de movimiento de la embobinadora que se diseñó, se pretende que el tiempo de producción mejore sustancialmente, así mismo, con el empleo de los dispositivos controladores, se espera que la precisión aumente ya que a través del sistema que se desarrolló para el usuario, el exceso de material gastado disminuye notablemente. Y diferentes puntos que se quieren llegar a obtener además de las nuevas tecnologías se pretende también cubrir algunas otras necesidades de la industria textil.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

Solo se llego hasta el diseño de la máquina embobinadora lo que se espera es que en un futuro se construya la máquina y se ponga en marcha.

Así como, implementarle mejoras o nuevos mecanismos para que su funcionamiento sea más satisfactorio.

Algunos de esto podrían ser como:



1. Mejorar el mecanismo de distribución.
2. Tener más control del sistema implementando sensores para saber si el sistema cuenta con suministro de hilo al sistema.
3. Automatizar la colocación y el retiro del carrete.

## GLOSARIO

**Sincronización.** En forma general, sincronizar es hacer que coincidan en el tiempo dos o más fenómenos.

**Eje.** En máquinas, un eje es un elemento con geometría fundamentalmente axisimétrica, que se emplea como soporte de piezas giratorias pero no transmite ningún esfuerzo de torsión, a diferencia del árbol de transmisión

**Eje de transmisión.** En ingeniería mecánica se conoce como eje de transmisión o árbol de transmisión a todo objeto axisimétrico especialmente diseñado para transmitir potencia.

**Axisimetría.** La simetría axial (o simetría cilíndrica) es la simetría alrededor de un eje, de modo que un sistema tiene simetría axial o axisimetría cuando todos los semiplanos tomados a partir de cierto eje y conteniéndolo presentan idénticas características.

**Torsión.** En ingeniería, torsión es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

**Prisma mecánico.** Un prisma mecánico o pieza prismática es un modelo mecánico de sólido deformable, usado para calcular elementos estructurales como vigas y pilares. Geométricamente un prisma mecánico puede generarse al mover una sección transversal plana a lo largo de una curva, de tal manera que el centro de masa de la sección esté en todo momento sobre la curva y el vector tangente a la curva sea perpendicular a la sección transversal plana.

**Interfaz.** Interfaz es la conexión entre dos ordenadores o máquinas de cualquier tipo dando una comunicación entre ambas.

**Sistema.** Es un conjunto de funciones.

**Trayectoria.** En cinemática, la trayectoria es el lugar geométrico de las posiciones sucesivas por las que pasa un cuerpo en su movimiento.

**Paletizado.** Es la acción y efecto de disponer mercancía sobre un palé para su almacenaje y transporte. La carga de un palé se puede realizar a mano, si bien no es el sistema más usual. El peso máximo de un paquete que puede ser manipulado a mano

es de 25 kg y está, cada vez más, limitado a 15 kg para adaptarse a las limitaciones femeninas y prevenir las paradas de trabajo por dolores de espalda y otras dolencias. Lo más habitual es manipular las cargas mecánicamente.

**Pale**. Un palé (único término reconocido por la Real Academia Española),<sup>1</sup> palet o paleta es un armazón de madera, plástico u otros materiales empleado en el movimiento de carga ya que facilita el levantamiento y manejo con pequeñas grúas hidráulicas, llamadas carretillas elevadoras.

## REFERENCIAS

- [1] <http://www.mecmod.com/index.html>, Motion Control, España, 2007.
  
- [2] Todd Garski – Sr. Application Engineer, Liz Bahl – Application Engineer. Lab 5: Introduction to Integrated Motion. Copyright © 2007 Rockwell Automation, Inc. All rights reserved.
  
- [3] <http://www.urany.net/inicio.htm>, Teoría de control de movimiento, 2008.
  
- [4] [www.ab.com](http://www.ab.com), Arquitectura Integrada de Rockwell Automation, 2008.
  
- [5] Operation Manual FQM1 Series, FQM1-CM001, FQM1-MMP21, FQM1-MMA21Flexible Motion Controller. OMRON, Produced November 2004.
  
- [6] Soluciones para seguridad aplicada, Sistemas de control de prensas STFPRO, Solución diseñada de alimentación de transferencia servo basada en Logix. Allen Bradley. 2002.
  
- [7] Packaging solutions 2007, Mitsubishi Electric, High Speed Packaging Solutions 2007.
  
- [8] Manual del variador de velocidad Moeller.
  
- [9] Manual del variador de velocidad Mitsubishi.
  
- [10] Manual del PLC S7-200.
  
- [11] Hoja de especificaciones del Encoder CHD.
  
- [12] Manual del visualizador de textos TD 200.
- [13] Apuntes del curso de controladores lógicos programable (Escuela Mexicana de Electricidad)